

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robototechniky

Návrh a realizace výukového RTP pro PR ABB IRB 140 na UCR

The Design and Realization of an Educational Robotized
Technological Workplace for IR ABB IRB 140 on the Robotics Centre

Student:

Bc. Jiří Szczeponiec

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ladislav Kárník, CSc.

Ostrava 2010

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Szczeponiec**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **2301T013 Robotika**
Téma: **Návrh a realizace výukového RTP pro PR ABB IRB 140 na UCR**

The Design and Realization of an Educational Robotized Technological Workplace for IR ABB IRB 140 on the Robotics Centre

Zásady pro vypracování:

1. Provedte analýzu robotizovaných pracovišť s využitím PR ABB IRB 140 vhodných pro realizaci na Centru robotiky.
2. Navrhněte varianty řešení výukových RTP s automatickou výměnou efektorů a využitím PR ABB IRB 140 pro realizaci na Centru robotiky.
3. Provedte výběr optimální varianty.
4. Optimální variantu realizujte v software RobotStudio. Pro optimální variantu zpracujte dispoziční výkres výukového RTP. Pro vybrané navržené periferní zařízení zpracujte sestavný výkres. Vypracujte technickou zprávu s potřebnými výpočty a zhodnoťte dosažené výsledky.
5. Závěr.
6. Práci též doložte kompletně v elektronické podobě.

Seznam doporučené odborné literatury:

BURKOVÍČ, J. *Navrhování RTP*. VŠB-TU, Ostrava: 2002, 114 s. ISBN 80-248-0217-1.

CHVÁLA, B. - NEDBAL, J. - DUNAY, G. *Automatizace*. Praha: SNTL, 1989. 603 s.
ISBN 80-03-00090-4.

TALÁČKO, J. - MATIČKA, R. *Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. 237 s. ISBN 80-01-01291-3.

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домии, же Высoкá школа ба́нская – Техни́кá универзита Ostrava (дále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домии, же оdevздáнием své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Jiří Szczeponiec

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Komorní Lhotka č.p. 255, 739 53

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

SZCZEPONIEC, J. *Návrh a realizace výukového RTP pro PR ABB IRB 140 na UCR: diplomová práce.* Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robototechniky, 2010, 65 s. Vedoucí práce: Ing. Ladislav Kárník, CSc.

Diplomová práce se zabývá návrhem výukového robotizovaného pracoviště. V první fázi práce je provedena analýza robotizovaných pracovišť vhodných k realizaci na Centru robotiky. Na základě této analýzy jsou navrženy 3 varianty možného řešení pracoviště. Pomocí hodnotové analýzy dojde k výběru vhodné varianty pro realizaci, která je následně vypracována jak v softwaru RobotStudio, tak i v reálném prostředí. Vytvořená aplikace v RobotStudiosu je dokumentována v příloze diplomové práce.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

SZCZEPONIEC, J. *The Design and Realization of an Educational Robotized Technological Workplace for IR ABB IRB 140 on the Robotics Centre: Master Thesis.* Ostrava : VŠB –Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2010, 65 p. Thesis head: Ing. Ladislav Kárník, CSc.

Master thesis is dealing design of an educational robotized workplace. The analysis of robotized workplaces suitable for realization on the Robotics Centre is made in the first phase. Three variants of possible solutions of the workplace are designed on the basis of this analysis. The selection of the suitable variant for realization is made by value analysis. The selected variant is then processed in both RobotStudio software and in real conditions. Created application into RobotStudio is documented in the enclosure of the master thesis.

Obsah

1. ÚVOD	8
2. PRŮMYSLOVÉ ROBOTIZOVANÉ SYSTÉMY	9
2.1. KLASIFIKACE PRŮMYSLOVÝCH ROBOTŮ A JEJICH STRUKTUR	9
2.2. CHARAKTERISTIKA ABB A PR IRB 140	10
2.3. PRACOVÍŠTĚ S PR IRB 140, VHODNÁ PRO REALIZACI NA CENTRU ROBOTIKY	12
2.3.1. Robotizace v obrábění	14
2.3.2. Robotizace ve svařování	15
2.3.3. Montáž a manipulace s výrobky pomocí PR	17
3. NÁVRH ALTERNATIVNÍCH ŘEŠENÍ RTP NA CENTRU ROBOTIKY S VYUŽITÍM ROBOTU IRB 140 OD ABB	19
3.1. LABORATOŘ KATEDRY ROBOTOTECHNIKY – UCR	19
3.2. VYBAVENÍ ROBOTIZOVANÉHO PRACOVÍŠTĚ URČENÉHO PRO TUTO DIPLOMOVOU PRÁCI ...	20
3.2.1. Průmyslový robot IRB 140	20
3.2.2. Polohovací robot OJ – 10P	21
3.2.3. Systém rychlé výměny efektoru – SWS 005	24
3.2.4. Univerzální efektor PGN – plus 80 – 1	26
3.2.5. Univerzální efektor PZN – plus 64 – 1	28
3.2.6. Univerzální úhlový efektor GWB 64	29
3.3. NÁVRH MOŽNÝCH VARIANT ŘEŠENÍ VÝUKOVÉHO PRACOVÍŠTĚ NA CENTRU ROBOTIKY ...	32
3.3.1. Požadavkový list	32
3.3.2. Navržené varianty řešení výukového pracoviště	33
4. VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY ŘEŠENÍ	36
4.1. KRITÉRIA HODNOCENÍ	36
4.2. BODOVACÍ STUPNICE	37
4.3. URČENÍ VÝZNAMNOSTI KRITÉRIÍ	38
4.4. HODNOCENÍ VARIANT A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY	39
5. NÁVRH VÝUKOVÉHO RTP PRO MANIPULACI S OBJEKTY PR	41
5.1. ÚČEL A FUNKCE ROBOTIZOVANÉHO PRACOVÍŠTĚ	41
5.2. POSTUP APLIKACE VÝUKOVÉHO PRACOVÍŠTĚ	41
5.3. MANIPULACE S OBJEKTY NA PRACOVÍŠTI	43
5.3.1. Objekty manipulace ve vytvářené aplikaci	43
5.3.2. Manipulace s objekty	45
5.4. OBSLUHA PRACOVÍŠTĚ	51
5.5. ODKLÁDACÍ PLOCHY NA PRACOVÍŠTI	51

5.6. BEZPEČNOST NA PRACOVÍŠTI.....	54
6. REALIZACE VÝUKOVÉHO PRACOVÍŠTĚ.....	54
6.1. ROBOT STUDIO.....	54
6.2. ÚPRAVA PROGRAMU V ROBOT STUDIU PŘED JEHO IMPORTACÍ DO ŘÍDICÍHO SYSTÉMU ROBOTU NA PRACOVÍŠTI.....	55
6.3. POTÍŽE ZPŮSOBENÉ HADICEMI OD PNEUMATICKÉHO ROZVADĚČE	55
6.4. POTÍŽE PŘI OTVÍRÁNÍ PIVNÍ LÁHVE	56
5.5. ZAPOJENÍ KONTROLNÍCH SNÍMAČŮ NA PRACOVÍŠTI	58
6.5.1. <i>Indukční snímače</i>	58
6.5.2. <i>Magnetické snímače</i>	60
7. ZÁVĚR.....	61
8. POUŽITÁ LITERATURA	62
9. SEZNAM PŘÍLOH	62
10. MODEL PRACOVÍŠTĚ V ROBOTSTUDIU	63

1. Úvod

Navrhování robotizovaných technologických pracovišť nejnovější generace je znakem 21.století. V roce 2002 bylo odhadováno, že počet ve světě vyrobených robotů přesáhl 1 milion. Tato zařízení byla nasazena jak ve strojírenské výrobě, tak v nestrojírenských aplikacích.

Během posledních let došlo v oblasti automatizace výrobního procesu k výraznému pokroku, a to především v řízení automatizovaných systémů. Pod tlakem konkurence vznikají nové a nové nápady, které s sebou přinášejí nové produkty. Úsilí strojírenských firem o neustálou inovaci jejich produktů a vznik produktů principiálně nových, které by obstály v konkurenčním prostředí, vyžaduje přípravu odborníků již v průběhu studia. Proto je nezbytné, aby studenti přicházeli při svém studiu na univerzitách do kontaktu s těmi nejmodernějšími přístroji a technologiemi, které současný trh nabízí.

Této myšlenky se ujala i Katedra robototechniky, fakulty Strojní na VŠB TU – Ostrava a modernizovala svou laboratoř – Centrum robotiky. Tato laboratoř byla založena roku 1997. Vybavena byla výhradně starými, často již nefungujícími modely průmyslových robotů, na kterých studenti prováděli své úlohy. I přes toto ne příliš moderní vybavení zde vznikla celá řada bakalářských a diplomových prací s praktickou realizací.

Až v nedávné době došlo k modernizaci a nahrazení již značně zastaralé techniky novými roboty - nevyjímaje IRB 140 s nosností 6 kg od společnosti ABB. To umožnilo vytvořit nová moderní výuková pracoviště, která výrazně zvyšují kvalitu výuky. Právě pro jedno z těchto pracovišť byla zadána i tato diplomová práce s názvem „*Návrh a realizace výukového RTP pro PR ABB IRB 140 na UCR*“.

2. Průmyslové robotizované systémy

V této kapitole se seznámíme s konstrukcemi PR současnosti a představíme si jednotlivě robotizovaná pracoviště, která by mohla být vhodná pro realizaci na Centru robotiky v rámci této diplomové práce.

K vypracování této kapitoly byly použity informace z těchto literárních pramenů: [1], [2], [3], [4], [5]

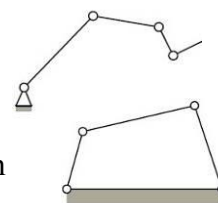
2.1. Klasifikace průmyslových robotů a jejich struktur

Průmyslový robot (PR) je víceúčelový, automaticky řízený manipulační stroj určený k použití v průmyslové automatizaci a má nejméně tři reprogramovatelné pohybové osy. Tyto stroje lze od sebe odlišovat souborem údajů, určujících rozsah jejich použitelnosti, provedení a způsob řízení.

Mezi hlavní tyto údaje patří:

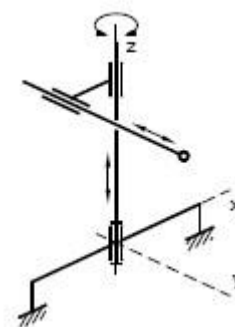
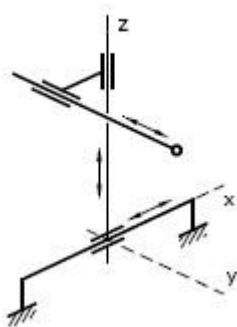
a) Kinematická struktura

- Sériové roboty – s otevřeným kinematickým řetězcem
- Paralelní roboty – s uzavřeným kinematickým řetězcem
- Hybridní roboty – kombinující oba typy řetězců

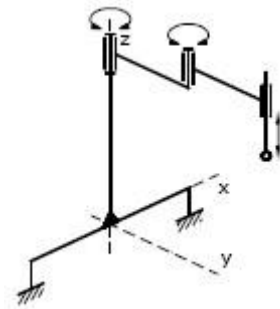
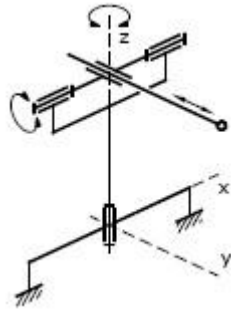


b) Geometrie pracovního prostoru robotu

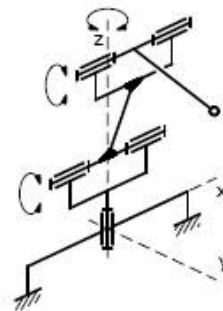
- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Kartézský – hlavní pohybové osy $T_x T_y T_z$ <ul style="list-style-type: none"> – 20% všech robotů – paletizace, svařování | <ul style="list-style-type: none"> • Cylindrický – hlavní osy $R_x T_y T_z$ <ul style="list-style-type: none"> – 30% všech robotů – obsluha strojů |
|--|--|



- **Sférický** – hlavní pohybové osy $R_x R_y T_z$
 - 10% všech robotů
- **Scara** – hlavní osy $R_x R_y T_z$
 - 5% všech robotů
 - elektronický průmysl



- Angulární** – hlavní pohybové osy $R_x R_y R_z$
- 35% všech robotů
 - téměř neomezené použití



c) Umístění pohonů

- v kloubech
- v základu
- kombinace

d) Počet stupňů volnosti robotu

- Univerzální robot – s šesti stupni volnosti
- Redundantní robot – s více než šesti stupni volnosti, využívá větší volnosti k pohybu do těžko dostupných pracovních prostorů
- Deficitní robot – s méně než šesti stupni volnosti, roboty provádějí požadovaný úkon v rovině

2.2. Charakteristika ABB a PR IRB 140

Jednou z podmínek zadání diplomové práce je využití průmyslového robotu IRB 140 v navrženém RTP. Proto si v této kapitole představíme společnost ABB a její produkt IRB 140, jakožto základní stavební pilíř této diplomové práce.

Společnost ABB

ABB je společností působící ve více než sto zemích světa. Dodává technologie pro energetiku a automatizaci, které umožňují energetickým a průmyslovým podnikům zvyšovat výkonnost při současném snížení dopadu jejich činnosti na životní prostředí. K 1. 1. 2006 proběhla v ABB po celém světě reorganizace do pěti divizí. Toto nové uspořádání zahrnuje i divizi Robotiky.

ABB společně s koncerny Kuka, Reis, Kawasaki, Fanuc patří mezi výrobce, kteří na trh dodávají ročně desítky tisíc robotů a mají dominantní roli na celosvětovém trhu. Existují i střední či malé firmy, které se na trhu uplatní s podstatně menšími sériemi robotů, protože se zaměřují jen na aplikace pro určité technologie, které mají svá specifika. ABB má jednu z největších instalovaných základů průmyslových robotů na světě.

Zákazníkům poskytuje jak software pro roboty, tak periferní vybavení či modulární výrobní buňky pro svařování, lakování a povrchovou úpravu a obsluhu strojů. Společnost vyrábí velký sortiment angulárních robotů (rodinu robotů) s různými nosnostmi a dosahy ramen, konstrukčně si dosti podobnými.

Charakteristika průmyslového robotu IRB 140

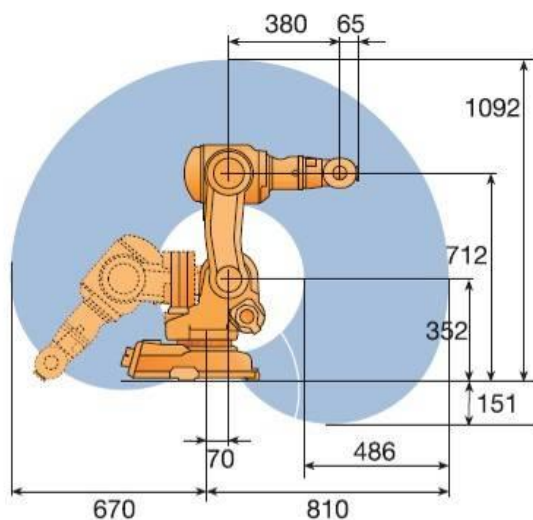
Robot IRB 140 je kompaktní a výkonný šestiosý stroj s unikátní kombinací velkého zrychlení, pracovního dosahu a užitečného zatížení. Na trhu je úspěšně zaveden od roku 1999 jako robot s vysokou střední dobou bezporuchového provozu, malými nároky na údržbu a krátkými dobami oprav. Je považován za nejrychlejší robot ve své třídě. Má vynikající opakovatelnost polohy ($\pm 0,03\text{mm}$) a velmi dobrou přesnost dráhy.

Standardní verzi robotu IRB 140 je možné montovat na podlahu nebo zeď v jakémkoliv úhlu nebo jej zavěsit, což dovoluje větší flexibilitu při konfigurování výrobní linky.



obr. 1 robot IRB 140

Rozšířený akční rádius díky mechanismu záklonu horního ramene, otáčení první osy rotace o 360° , flexibilním možností montáže, kombinaci užitečného zatížení do 6 kg a dosahu 810 mm činí z tohoto robotu jednoho z nejlepších zařízení ve své třídě.



obr. 2 pracovní prostor robotu

2.3. Pracoviště s PR IRB 140, vhodná pro realizaci na Centru robotiky

Při navrhování RTP je zpracováváno mnoho informací, ke kterým patří i začlenění RTP do výrobního systému. Na základě klasifikačních znaků (úroveň integrace a vztah k pružnosti a objemu výroby) je rozlišováno sedm úrovní stavebních struktur:

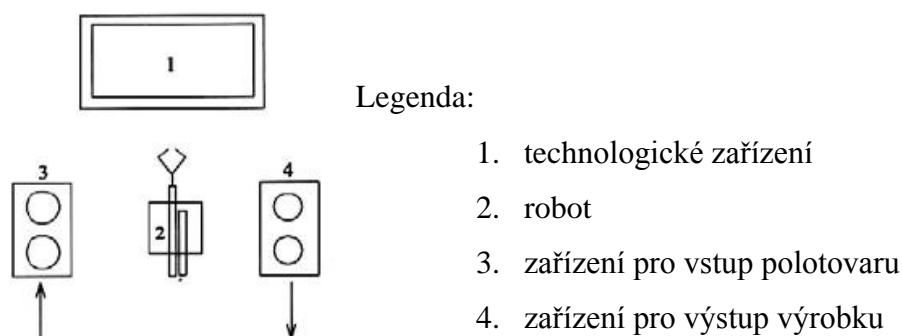
- Robotizovaný modul
- Robotizovaná buňka
- Skupina robotizovaných buněk
- Pružný robotizovaný systém
- Robotizovaná linka
- Robotizovaný provoz
- Robotizovaný závod

Vzhledem k tomu, že v zadání diplomové práce je podmínkou využití pouze jednoho kusu robotu a Centrum robotiky má omezené možnosti, zaměříme svou pozornost na první dvě stavební struktury RTP.

Robotizovaný modul je základní provozní jednotkou schopnou samostatné automatizované funkce. Všeobecně je charakterizován tím, že zajišťuje tři hlavní skupiny operací bez zásahu člověka:

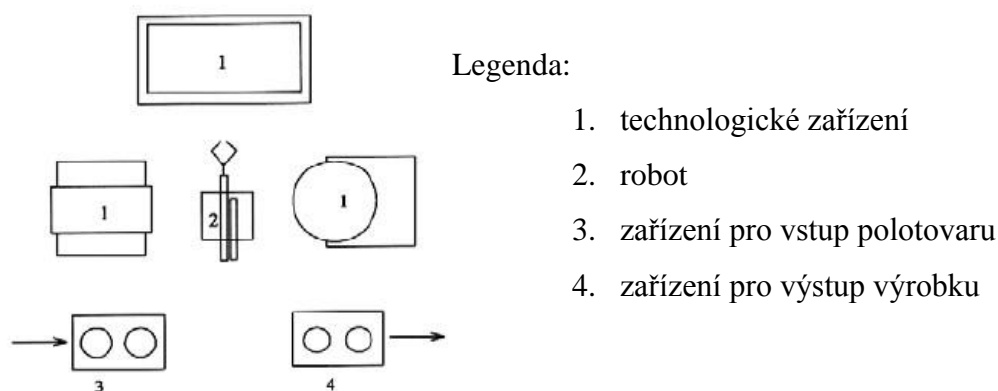
- Technologický proces je uskutečňován robotem, označovaným jako technologický robot (pro obloukové či bodové svařování, pro provádění povrchových úprav apod.).
- Manipulační operace zajišťující přísun materiálů a polotovarů k technologické operaci, vkládání do strojů a vyjímání z nich, včetně ukládání do zásobníků nebo na expediční místa.
- Řízení všech funkcí robotizovaného modulu

Činnost pracovní obsluhy v robotizovaných modulech se omezuje jen na přípravné práce.



obr. 3 schéma robotizovaného modulu

Robotizovaná buňka vzniká zvýšením počtu technologických pracovišť či počtu výrobních strojů v modulu, popřípadě seskupením více modulů do jednoho celku a integrací činností na jednom robotu.



obr. 4 schéma robotizované buňky

Nejčastěji robotizovaná pracoviště v ČR:

1. obloukové svařování
2. montáž
3. lakování / nanášení barev
4. broušení / leštění
5. obsluha strojů
6. manipulace s materiálem
7. paletizace
8. bodové svařování

2.3.1. Robotizace v obrábění

Jednou z možných aplikací využití robotu na Centru robotiky, je odvětví obrábění. Vývoj RTP v obrábění je v současné době zaměřen především na obrábění rotačních součástí soustružením, vrtáním mimo osu a frézováním, při minimálním počtu přepnutí na stroji. NC stroje využívané v málo-sériové a sériové výrobě pracují automaticky, ale ponechávají ještě 70 % činnosti obsluze (jedná se o seřízení stroje, upínání a odepínání obrobků a nástrojů, měření a zkoušení obrobků a dohled na stroj).

Z analýzy činností u obráběcích strojů je možno definovat následující možnosti použití robotu na pracovišti:

1. Obráběcí pracoviště s PR pro vykonávání operačních manipulací

- Odebrání polotovaru ze zásobníku, jeho následné vložení do upínacích čelistí stroje, ve kterých je polotovar opracován do požadovaného stavu.
- Vyjmutí obrobku z obráběcího stroje a uložení na předem stanovenou pozici - do zásobníku, do dalšího stroje, na paletu apod.

2. PR vykonává samotné technologické operace

- Hlavice robotu je navržena jako nosič nástroje, např. malé vrtačky s vrtákem pro vrtání otvorů, brusky pro broušení, frézky pro odstranění otřepu apod.
- Hlavice robotu je navržena pro uchopení polotovaru, se kterým je manipulováno proti obráběcímu nástroji, brusce apod.



obr. 5 robot IRB 140 s frézovací hlaví

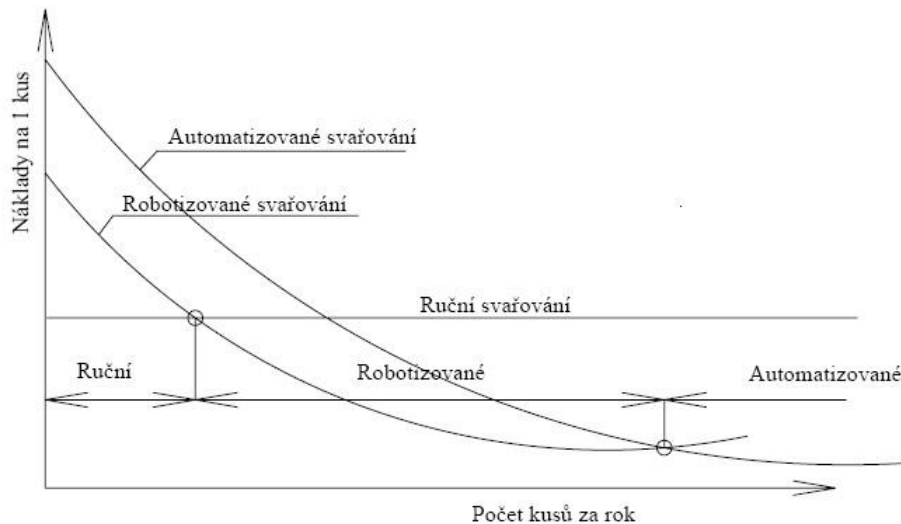
2.3.2. Robotizace ve svařování

Dalším možným použitelným odvětvím využití robotu pro výukovou verzi na Centru robotiky, je obloukové svařování.

Výhodou průmyslových robotů obloukového svařování je to, že mohou svařovat i materiály těžko svařitelné, které potřebují vysoký předehřev, u kterého člověk trpí sálavou teplotou. Použití průmyslových robotů při obloukovém svařování umožňuje automatizovat svařování i při výrobě součástek ve středních, pravidelně se opakujících sériích.

Základní předpoklad při zvyšování produktivity práce u obloukového svařování průmyslovým robotem není možné hledat pouze ve zvyšování svařovací rychlosti, ale hlavně v eliminaci času, potřebného na přemístění svařovacího hořáku z výchozí polohy k počátku svaru a od jednoho svaru k druhému. Samozřejmostí je také eliminace času, potřebného pro případnou obsluhu pracovníkem.

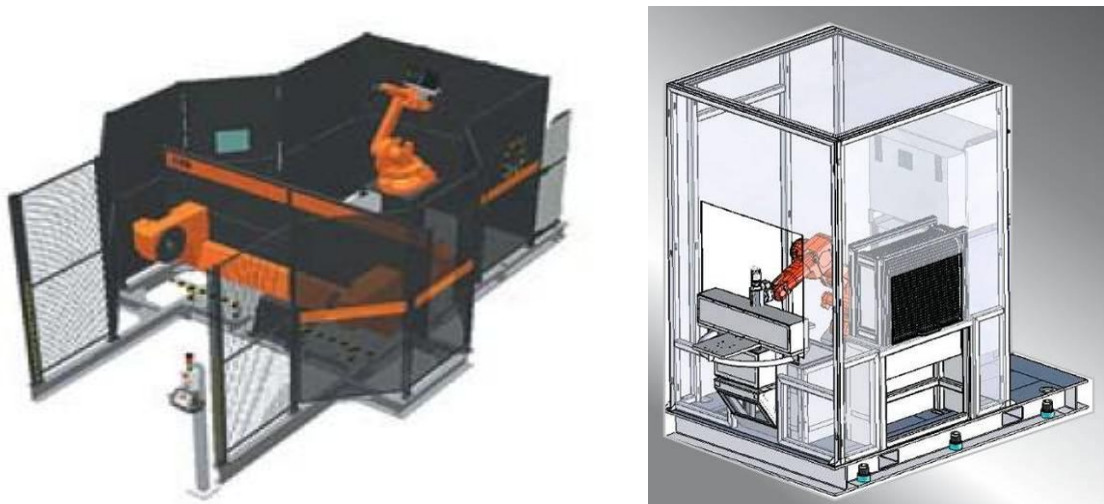
Při rozhodování o řešení robotizace u obloukového svařování je nutné stanovit, jaký počet výrobků za rok bude přinášet větší zisk než jiný způsob výroby.



obr.6 Efektivnost různých typů svařování

Výhody použití průmyslových robotů u obloukového svařování:

- snížení nákladů na výrobu
- odstranění vlivu únavy a nálad člověka na kvalitu svaru
- jednoduchost programování svařovacích operací
- odstranění fyzicky náročných, monotónních svářecích operací
- rovnoměrná a vysoká kvalita každého svaru
- snížení účinku plyných zplodin na lidský organismus
- úspora kvalifikovaných svářečů
- plynulý provoz až na tři směny
- svařovací pracoviště se stává výrobně pružné - možno na něm svařovat různé druhy dílů



obr. 7 aplikace svařovacích robotů



obr. 8 aplikace svařovacích robotů

2.3.3. Montáž a manipulace s výrobky pomoci PR

Montážní operace se vyznačují spojováním součástí a jednotlivých dílů do jednoho montážního celku. Výsledná spojení je možno rozdělit na pohyblivá a nepohyblivá, podle účelu smontovaného celku. Nepohyblivá spojení zajišťují neměnnou polohu součástí a mohou se dále dělit na rozebíratelná a nerozebíratelná spojení.

Při navrhování montážních pracovišť vycházíme z uspořádanosti a orientace součástek před vlastní montáží. Pro zjednodušení montáže požadujeme uspořádání a orientování součástí bez účasti člověka. Bohužel v praxi jsou součásti většinou neuspořádané a neorientované.

Hlavní zásady technologičnosti součástí pro robotizovanou montáž:

- konstruovat součásti s maximálním počtem ploch symetrie, pro zjednodušení orientace;
- konstrukce součástí řešit tak, aby v zásobnících nedocházelo k nežádoucímu spojování dotýkajících se součástí;
- zajistit jednoduché a spolehlivé upevnění na pracovní pozici.

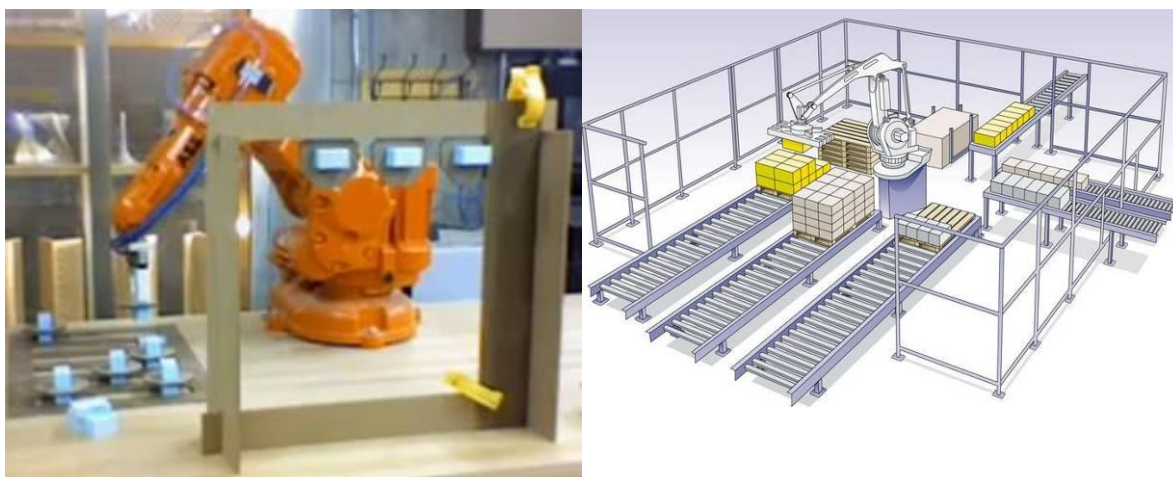
Požadavky na montážní PR

- optimální počet stupňů volnosti 4 až 6, pohyby mohou být realizovány jak rotačními, tak translačními jednotkami
- nosnosti robotů jsou podle účelů použití v řádu kg
- konstrukce montážních efektorů – je účelová a velmi často i umožňující výměnu hlavic
- opakovatelná přesnost polohování je většinou požadována $\pm 0,01$ mm

Využívá se všech známých konfigurací kinematiky pohybu robotu. Nejčastější aplikace je však s robotem SCARA. Tyto roboty jsou převážně koncipovány pro montážní operace, mají poměrně velký pracovní rozsah, mají nejčastěji 4° volnosti, jsou velmi přesné a rychlé.

Činnosti PR na montážním pracovišti:

- odebírání orientovaných a neorientovaných objektů montáže;
- spojování objektů do uzlu např. šroubováním, provádí se šroubovacími hlavicemi a v praxi se jedná asi o 20% montážních operací;
- lepení - podávání objektů do upínacího přípravku, nanášení lepidla a složení.



obr. 9 aplikace robotů použitých při manipulaci s materiálem

3. Návrh alternativních řešení RTP na Centru robotiky s využitím robotu IRB 140 od ABB

Tato kapitola je věnována návrhu konstrukčně odlišných variant řešení, jenž by mohla posloužit jako výuková robotizovaná pracoviště v laboratořích na Centru robotiky. Abychom byli schopni tuto diplomovou práci i zrealizovat (jak je uvedeno v zadání), je nezbytné vycházet z prostředků a možností, kterými disponuje laboratoř Centra robotiky. Proto, než dojde k samotnému návrhu aplikace pro výukové RTP, je nezbytné analyzovat současný stav laboratoře a její technické možnosti.

K vypracování této kapitoly byly použity informace z těchto literárních pramenů: [5], [6], [7]

3.1. Laboratoř katedry Robototechniky – UCR

Centrum robotiky je vybudováno v prostorech kolejí VŠB-TU Ostrava. Laboratoře slouží především k výuce studentů, kteří zde absolvují výuku odborných předmětů na robotizovaných výukových pracovištích, ale také zde mají technické a mechanické prostředky k tvorbě bakalářských, diplomových a disertačních prací. Pracovníci katedry Robototechniky zde provádějí školení odborné veřejnosti, ale především zde mají i zázemí pro svou vědeckou činnost.

UCR se skládá z několika oddělených výukových prostor:

- Přednášková audiovizuální učebna.
- Učebna pro vedení cvičení umožňující vizuální kontakt s roboty.
- Pracoviště experimentálních metod (drobná servisní robotika).
- Zámečnická dílna sloužící pro fyzickou realizaci projektů.
- Pracoviště s řídicími systémy (PLC, IPC).
- Několik pracovišť s využitím průmyslových robotů (na jednom z nich má být realizována tato diplomová práce).

3.2. Vybavení robotizovaného pracoviště určeného pro tuto diplomovou práci

V laboratořích katedry Robototechniky se nachází množství pracovišť, která jsou vybavena různými typy robotů, periferijním zařízením, senzory a snímači, jenž umožňují demonstrovat rozličné aplikace použití průmyslových robotů v praxi.

Roboty nacházející se v prostorách laboratoří Centra robotiky:

- 3x IRB140 ABB
- 2x RV2-AJ Mitsubishi
- OJ-10
- PROB-20
- portálový PR AZP
- 2 německé roboty VW

V této podkapitole se proto seznámíme blíže s technickými parametry zařízení, jenž jsou součástí vybavení robotizovaného pracoviště s robotem IRB 140, určeného pro tuto diplomovou práci.

3.2.1. Průmyslový robot IRB 140

Slova, jež vystihují toto zařízení: Malý, výkonný a rychlý

Tento průmyslový robot je výkonný šestiosý stroj s angulární kinematickou strukturou. Jeho ocelová konstrukce umožňuje robot ustavit na podlahu nebo zeď v jakémkoliv úhlu nebo jej dokonce zavěsit. Na pracovišti, jenž je nutno využít pro tuto práci, je však robot ustaven ve vertikální poloze na železném podstavci o výšce 510 mm a je připojen k rozvodu stlačeného vzduchu o maximálním tlaku 5 Bar. Další charakteristické znaky tohoto robotu jsou uvedeny rovněž v kapitole 2.2. viz str. 11).



obr. 10 robot IRB 140 na Centru robotiky

Technické parametry stroje:

	natočení kloubů [°]	rychlost kloubů [°/s]
osa 1	360	200
osa 2	200	200
osa 3	280	260
osa 4	bez omezení, výchozí 400	360
osa 5	240	360
osa 6	bez omezení, výchozí 800	450
max. TCP rychlost	2,5 m/s	
max. TCP zrychlení	20 m/s ²	
zrychlení 0-1 m/s	0,15 s	
napájecí napětí	200-600 V, 50/60 Hz	
rozměry robotu	950 x 800 x 620 mm	
hmotnost robotu	98 kg	

tab. 1 parametry robotu IRB 140

3.2.2. Polohovací robot OJ – 10P

Polohovací robot OJ-10 P je speciálně konstruován pro modulární pracoviště s možností použití pro robotizaci popř. tam, kde je možné využít jeho maximální nosnosti až 250 kg. Polohovadlo OJ-10 P je využíváno pro nastavení sváru do optimální polohy při svařování, či při orientaci dílů u montáže.



obr. 11 polohovací robot OJ-10 s robotem IRB 140 ustavený na Centru robotiky

Konstrukce a technický popis zařízení

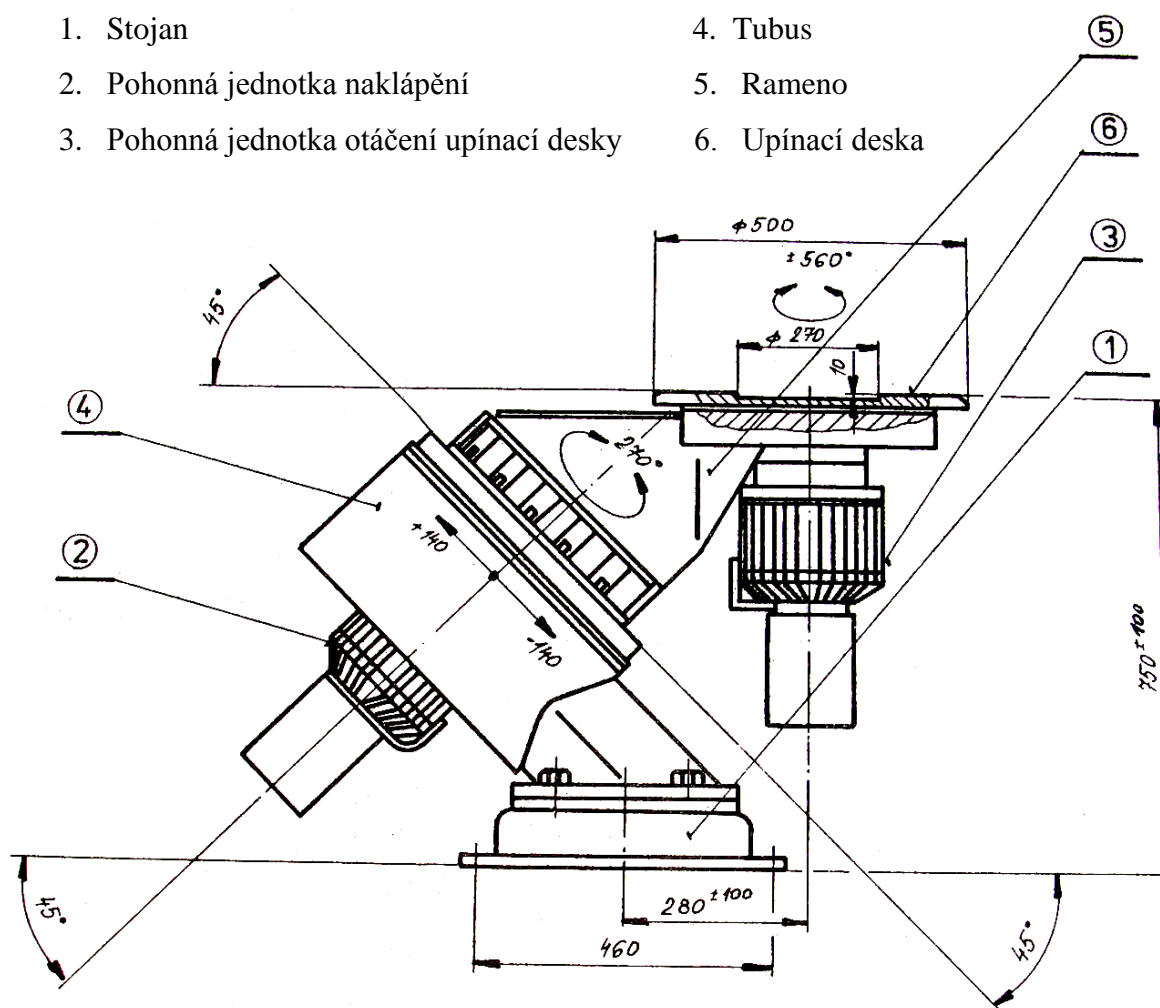
Polohovací robot OJ-10 P má dva stupně volnosti s osami rotace protínajícími se navzájem pod úhlem 45° . Obě osy mají plynule říditelnou rychlost a polohu natočení. Harmonické převodovky se speciálním válečkovým ložiskem jsou převzaty z otočného základu průmyslového robotu. Nosná část polohovacího robotu je vyrobena z ocelových polotovarů. Vzhledem na nosnost polohovacího robotu (250kg) jsou osy poháněny elektromotory větších výkonů, než jak jsme zvyklí u rotačních jednotek průmyslových robotů.

Polohovací robot se skládá ze tří hlavních částí:

- Tubusu polohovacího robotu OJ-10 P
- Ramene polohovacího robotu OJ-10 P
- Pohonných jednotek

Legenda:

- | | |
|---|------------------|
| 1. Stojan | 4. Tubus |
| 2. Pohonná jednotka naklápění | 5. Rameno |
| 3. Pohonná jednotka otáčení upínací desky | 6. Upínací deska |



obr. 12 polohovacího robotu OJ - 10

Pohonné jednotky

Skládají se z mechanické a elektronické části. Mechanická část je zastoupena diskovým motorem, který má na zadní části přes spojku uchycený bezkontaktní fázový měnič na snímání polohy. Vedle něho je pomocí převodu poháněný snímač rychlosti-tachogenerátor.

Vpředu má diskový motor výstupní hřídel napojenou na harmonickou převodovku, sloužící k převodu do pomala. Elektronika pohonné jednotky je zabudovaná ve skříni řídicího systému OJ- 10. Řídicí systém pohonu polohovacího robotu není kompatibilní s řídicím systémem robotu od ABB, což má v současné době za následek nepohyblivost polohovadla ve výrobním procesu. Nicméně, tento nedostatek by měl být odstraněn kolegy z 3. ročníku, kteří se touto problematikou zabývají ve své bakalářské práci.

Technické parametry:

- Max. nosnost 250 kg
- Počet st. volnosti 2
- Krytí IP 43
- Hmotnost 340 kg

Rozsahy pohybu:

- Rotace ramene $270^\circ (+180^\circ, -90^\circ)$
- Rotace upínací desky 560°
- Nepřesnost polohování $\pm 0,1\text{mm}$ na obvodě upínací desky
- Rychlost pohybu $60^\circ \cdot \text{s}^{-1}$

Pohonné jednotky:

- Motory SRID-2 ($I_n = 16\text{A}$, $U_n = 64\text{V}$)
- Převodovky HP 120-207
- Instalovaný výkon motoru 1500W

Pracovní prostředí:

- Teplota okolí min. $+5^\circ$, max. 50°
- Max. vlhkost vzduchu 80%
- Prašnost 3mm – 1 mm

3.2.3. Systém rychlé výměny efektoru – SWS 005

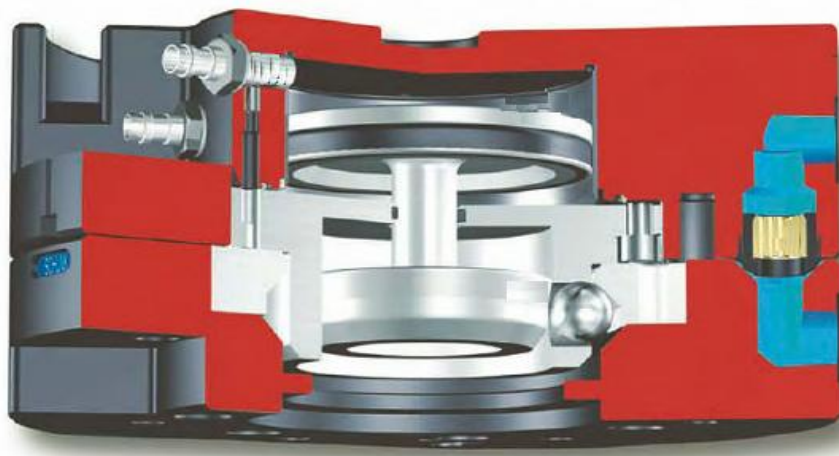
V praxi, kde je nutno brát v úvahu častou a pravidelnou výměnu efektoru, případně cyklicky i většího počtu efektorů, jsou daná pracoviště vybavena systémem „Quick-change“. Systém „Quick-change“, jenž zajistí automatickou výměnu efektoru, zvyšuje pružnost robotu a je dnes vyráběn mnoha firmami v různém konstrukčním provedení.



obr. 13 Quick-change systém

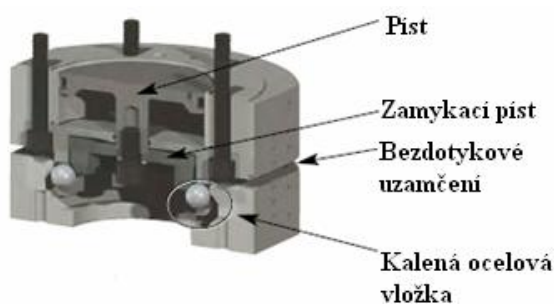
Na výukovém pracovišti bude využíván systém společnosti Schunk. Jedná se o pneumatický nástroj (SWS), jenž se skládá ze dvou dílů: z hlavy (SWK), která je (vybavena vyhazovačem, pro snadné oddělení dílů od sebe) upevněna na přírubě robotu a z adaptéru (SWA), jenž se připevní na nástroje, které budou v průběhu výrobního procesu použity.

Pneumaticky řízený uzavírací píst, s patentovanou konstrukcí zaručuje, že spojení těchto dvou částí je bezpečné a staticky tuhé. Tento mechanismus bezdotykového uzamčení zajišťuje, že je SWS bezpečně zamčen, i když SWK a SWA se navzájem nedotýkají. Maximální vzdálenost mezi součástmi pro bezpečné uzamčení je 3 mm. Tato funkce má za následek vysoký stupeň přesnosti opakování zamykání.

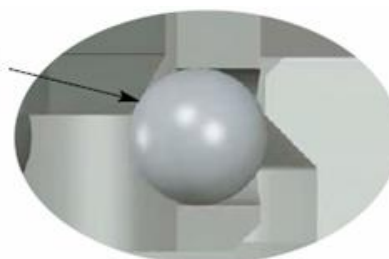


obr. 14 řez Quick-change systémem

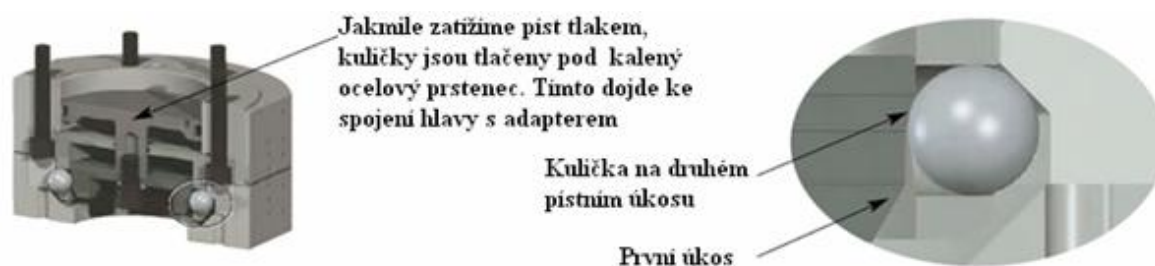
SWK-SWA před uzamčením



Kalená kulička na
prvním úkosu



obr. 15 princip uzamčení Quick-change systému

SWK-SWA v uzamčeném stavu

obr. 16 princip uzamčení Quick-change systému

V případě poklesu tlaku vzduchu uzavírací píst zachovává svou polohu. Pístu brání třecí síla těsnění v pohybu, jenž může být způsoben vlastní tíhou nástroje či v důsledku vibrací. Součásti mohou být od sebe navzájem odděleny pouze pneumaticky ovládaným pístem.

Systém Quick-change volíme na základě maximálního užitečného zatížení SWK. Vybereme tedy typ, jenž má maximální nosnost větší než užitečné zatížení použitého robotu.

Technické parametry:

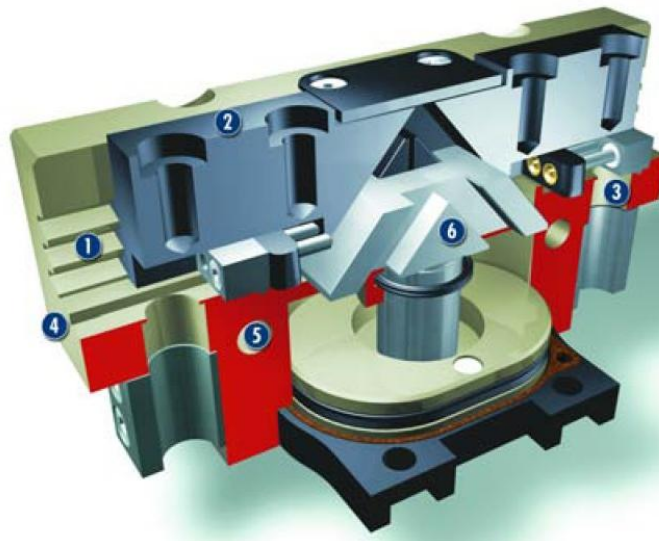
Dovolené zatížení	8 kg
Statické zatížení M _{x,y}	12,5 Nm
Statické zatížení M _z	17 Nm
Dynamické zatížení M _{x,y}	37,5 Nm
Dynamické zatížení M _z	51 Nm
Uzamykací síla (při 6 barech)	710 N
Opakovaná přesnost	0,01 mm
min/max. mezera pro uzamčení	1.5 / 3.0 mm
Hmotnost	0,37 kg

tab. 2 technické parametry Quick-change systému

3.2.4. Univerzální efektor PGN – plus 80 – 1

Univerzální pneumatický dvoupřstý paralelní efektor s velkými úchopnými silami a vysokými momenty je vyráběn společností Schunk. Efektory jsou dodávány bez čelistí, které je nutno navrhnout dle OM. Tento efektor lze použít u často využívaných

standardních řešení při manipulaci s objekty v čistém až mírně znečištěném prostředí. Přívod media – vzduchu je řešen pomocí hadice-bez použití šroubení.



obr. 17 řez efektozem PGN - plus80 - I

- 1. Vedení čelistí** - Vícezubé vedení pro přesné ovládání uchycení OM a možnost snášení velkého zatížení na čelisti, možnost použití delších čelistí.
- 2. Pohyblivé segmenty** – slouží pro připojení čelistí.
- 3. Senzor systému** - držáky pro snímače a nastavitelné spínače kamery v krytu.
- 4 a 5. Materiál konstrukce** – snížení hmotnosti efektoru díky použitým slitinám hliníku.

Popis funkce

Oválný píst zakončený kuželovitým segmentem se pohybuje nahoru a dolů pomocí stlačeného vzduchu. Prostřednictvím skosených aktivních ploch na pohyblivých segmentech dochází k transformaci vertikálního pohybu pístu na synchronní horizontální pohyb obou čelistí.

Technické parametry:

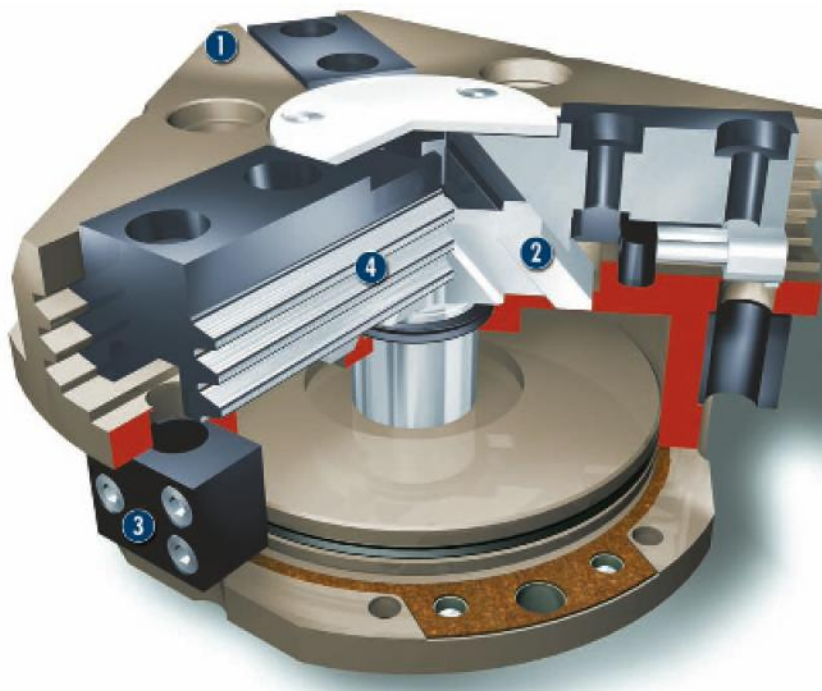
Posuv na čelist	8 mm
Svírací síla	415 N
Otevírací síla	465 N
Doporučené pracovní zatížení	2,1 kg
Minimální tlak	2,5 bar
Maximální tlak	8 bar
Nominální tlak	6 bar
Max. doporučená délka prstu	110 mm
Max. doporučená hmotnost prstu	0,6 kg
Opakovaná přesnost	0,01 mm
Hmotnost	0,5 kg



tab. 3 technické parametry efektoru PGN – Plus80 - 1

3.2.5. Univerzální efektor PZN – plus 64 – 1

Univerzální pneumatický tříprstý efektor s velkými úchopnými silami a vysokými momenty je rovněž vyráběn společností Schunk. Tento efektor lze použít u často využívaných standardních řešení při manipulaci s tvarově složitějšími objekty v čistém až mírně znečištěném prostředí. Přívod media – vzduchu, je řešen pomocí hadice - bez použití šroubení.



obr. 18 řez efektozem PZN – Plus 64 – 1

1. **Materiál konstrukce** – snížení hmotnosti efektoru díky použitým slitinám hliníku.
2. **Píst** – kuželový tvar umožňuje transformaci pohybu čelistí.
3. **Senzor systému** - držáky pro snímače a senzory.
4. **Vedení čelistí** – Vícezubé vedení pro přesné ovládání uchycení OM a možnost snášet větší zatížení na čelisti, možnost použití delších čelistí.

Popis funkce

Oválný píst zakončený kuželovitým segmentem se pohybuje nahoru a dolů pomocí stlačeného vzduchu. Prostřednictvím skosených aktivních ploch na pohyblivých segmentech dochází k transformaci vertikálního pohybu pístu na synchronní horizontální pohyb tří čelistí.

Technické parametry:

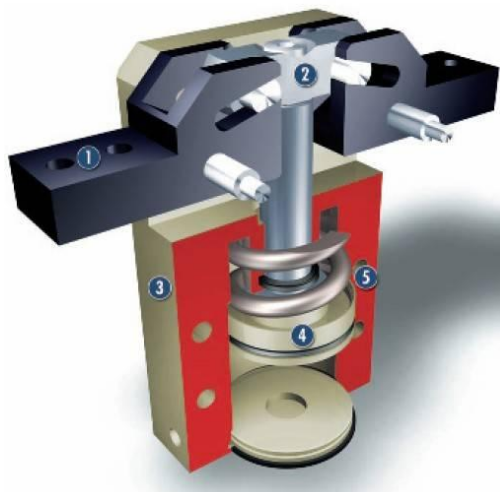
Posuv na čelist	6 mm
Svírací síla	580 N
Otevirací síla	640 N
Doporučené pracovní zatížení	2,9 kg
Minimální tlak	2 bar
Maximální tlak	8 bar
Nominální tlak	6 bar
Max. doporučená délka prstu	80 mm
Max. doporučená hmotnost prstu	0,35 kg
Opakovaná přesnost	0,01 mm
Hmotnost	0,43 kg



tab. 4 technické parametry efektoru PZN – Plus 64 - I

3.2.6. Univerzální úhlový efektor GWB 64

Univerzální pneumatický dvouprstý úhlový efektor s velkými úchopnými silami a vysokými momenty je rovněž jako předcházející dva efekторы vyráběn společností Schunk. Tento efektor lze použít tam, kde se kromě velké uchopovací síly vyžadují co nejkratší sekvence pohybu přes úhlové čelisti. Přívod media – vzduchu, je řešen pomocí hadice - bez použití šroubení.



obr. 19 řez efektoru GWB 64

1. **Základna čelisti** – pohyblivé segmenty z kalené oceli, jenž slouží k upevnění čelistí.
2. **Kinematika** – dva ocelové čepy umožňující otáčivý pohyb čelistí, každé až o 90°
3. **Materiál konstrukce** – snížení hmotnosti efektoru díky použitým slitinám hliníku
4. **Pohon** - pneumatický
5. **Otvory** – pro centrování a jiné způsoby montáže

Popis funkce

Oválný píst zakončený na druhé straně dvěma čepy se pohybuje nahoru a dolů pomocí stlačeného vzduchu. Prostřednictvím koncových čepů, které jsou připevněny k pohyblivým segmentům čelistí dochází k transformaci vertikálního pohybu pístu na synchronní otáčivý pohyb čelistí.

Technické parametry:

Otevírací úhel na čelist	90 °
Svírací moment	27,45 Nm
Doporučené pracovní zatížení	2,2 kg
Minimální tlak	4 bar
Maximální tlak	6,5 bar
Nominální tlak	6 bar
Max. doporučená délka čelisti	80 mm
Max. doporučená hmotnost čelisti	0,32 kg
Doba zavření čelisti	0,6 s
Doba otevření čelisti	0,7 s
Hmotnost	0,85 kg

tab. 5 technické parametry efektoru GWB 64



Pracoviště dále obsahuje kromě osobního počítače rovněž stojan, jenž slouží jako zásobník či odkládací prostor efektorů při použití Quick-change systému. Stojan je vyroben z hliníkových profilů a má k dispozici tři úložná místa na efektory.



obr. 20 stojan na efektory od společnosti Schunk

3.3. *Návrh možných variant řešení výukového pracoviště na Centru robotiky*

V této fázi diplomové práce se dostáváme konečně z části teoretické do částí tvůrčí - praktické. V této kapitole zúročíme informace, jenž byly zveřejněny v předešlých kapitolách této diplomové práce a na jejích základě budou vytvořeny návrhy možných koncepcí výukových pracovišť. Nejedná se však o konečnou a detailně propracovanou aplikaci, ta vznikne až postupem času v následujících kapitolách.

3.3.1. Požadavkový list

1. Navrhnout robotizované pracoviště se sníženou úrovní prašnosti a hlučnosti.
2. Výuková aplikace by měla být navržena tak, aby nic nebránilo její realizaci na Katedře robototechniky.
3. Pracovní teplota by se měla pohybovat v rozmezí 10-50 °C.
4. Jako výkonnostní prvek využít průmyslový robot IRB 140 společnosti ABB.
5. Maximální hmotnost OM nesmí přesáhnout 3 kg.
6. V navržené aplikaci použít tři úchopové hlavice společnosti SCHUNK Intec s.r.o., jenž jsou k dispozici na stanoveném pracovišti.
7. Pro tyto hlavice navrhnout vhodné čelisti dle OM.
8. Dle nutnosti navrhnout případná periferní zařízení.
9. Celou aplikaci výukového pracoviště mít rovněž zpracovanou v Robot studiu.

3.3.2. Navržené varianty řešení výukového pracoviště

Použití robotu v určitém typu výrobního procesu je z velké části závislé na druhu použitého efektoru.

Rozdělení efektorů:

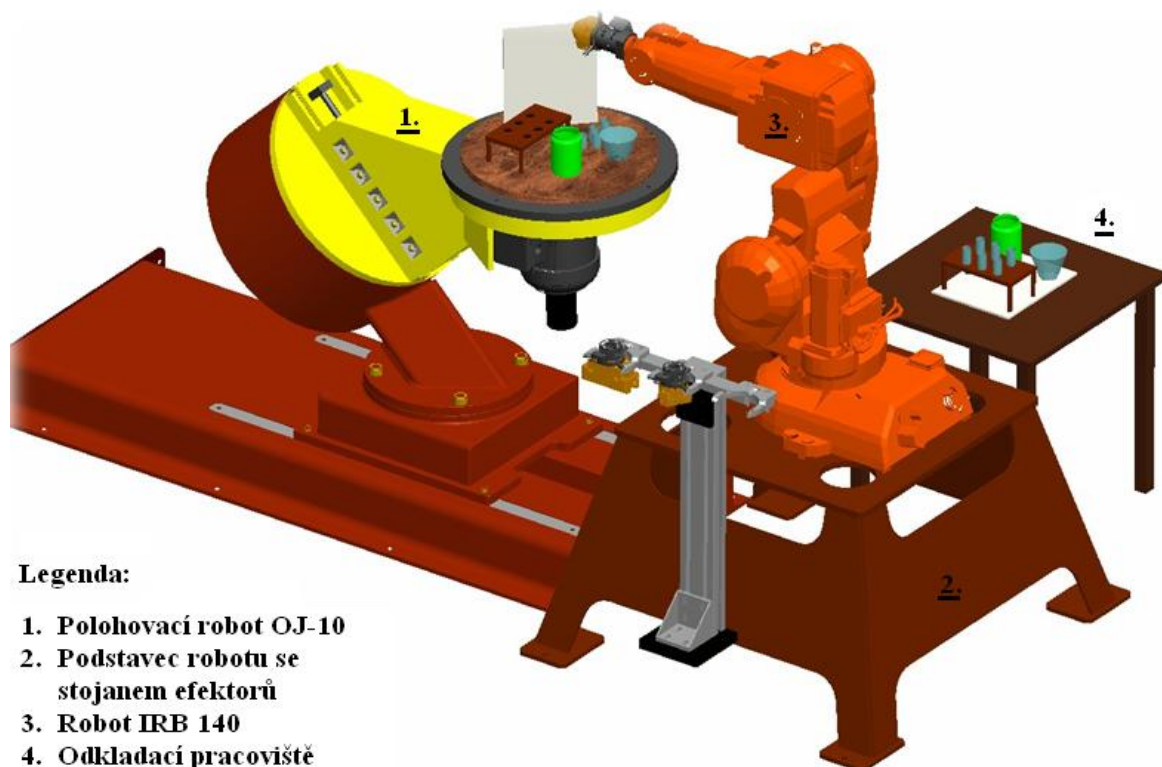
- a) úchopné hlavice
- b) technologické, kontrolní a měřící hlavice
- c) kombinovaná hlavice
- d) speciální hlavice

Vzhledem k tomu, že na pracovišti určeném pro tuto diplomovou práci jsou již zakoupeny tři efekторы (viz. kapitola 3.2.4 - 3.2.6) jenž spadají do kategorie uchopových hlavice a použití těchto efektorů je vázáno také požadavkovým listem, bude nezbytné navrhnout výukovou aplikaci montážního pracoviště, či pracoviště pro manipulaci s objekty.

Varianta A

Tento návrh spadá do oblasti robotizovaných pracovišť určených k manipulaci s objekty. Průmyslový robot IRB 140 ukotven k podstavci (jehož součástí je i stojan s efektoru určený, pro automatickou výměnu hlavice v průběhu výrobního procesu) má za úkol, přemístit ze startovní pozice konstrukčně odlišné objekty manipulace umístěné v přípravku na polohovacím robotu OJ -10, do cílové pozice, jenž je situována na odkládacím stole.

Jako objekty manipulace jsou v této aplikaci použité skleničky různé velikosti a nápoj v typizovaném obalu např. plechovka Pepsi. V průběhu této aplikace by mělo dojít k otevření tohoto nápoje pomocí robotu a následnému nalití tekutiny do připravených skleniček na odkládacím stole.

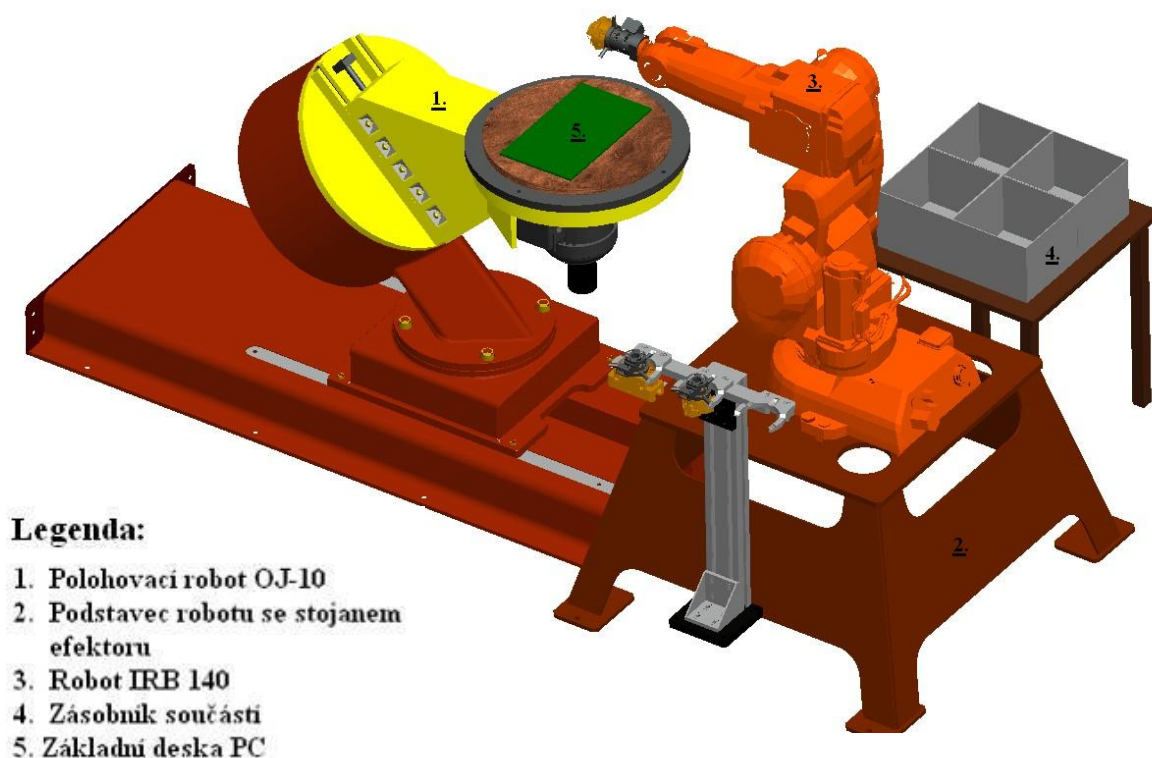


obr. 21 první varianta možného řešení výukového pracoviště

Varianta B

Tato varianta spadá pro změnu do oblasti montážních robotizovaných pracovišť. Průmyslový robot IRB 140 připevněn k podstavci (jehož součástí je i stojan s efektoru určený, pro automatickou výměnu hlavic v průběhu výrobního procesu) má za úkol, odebrat ze startovní pozice konstrukčně odlišné součásti umístěné v připravených boxech a v cílové pozici na polohovacím robotu OJ -10 tyto součásti postupně smontovat do funkčního celku.

Jako objekty manipulace jsou v této aplikaci použité komponenty základní desky PC (např. zvuková a grafická karta, procesor či paměťové karty RAM). Samotná základní deska PC je upevněna v přípravku na polohovacím robotu, který plní funkci montážního stolu.



obr. 22 druhá varianta možného řešení výukového pracoviště

Varianta C

Třetí a zároveň i poslední variantou je obdoba varianty předchozí. Hlavní náplní robotizovaného pracoviště je ovšem demontáž součástí. Průmyslový robot IRB 140 připevněn k podstavci (jehož součástí je i stojan s efektoru určený, pro automatickou výměnu hlavic v průběhu výrobního procesu) má za úkol, demontovat součást složenou z konstrukčně odlišných objektů, která je upevněna v přípravku na polohovací robotu OJ-10. Po demontáži robot jednotlivé díly součásti přesune na předem stanovených boxu, jenž jsou umístěny na odkládacím stole.

Jako objekty demontáže je v této aplikaci použita základní deska PC se zaplněnými sloty a za objekty manipulace jsou brány komponenty základní desky PC (např. zvuková a grafická karta, procesor či paměťové karty RAM).

4. Výběr optimální varianty řešení

Navrhované varianty výukového pracoviště v této kapitole podrobíme srovnání pomocí hodnotové analýzy. Bude použita osvědčená metoda porovnávání v trojúhelníku párů, jejíž postup a samotná metodika hodnotové analýzy je uvedena v literárním pramenu [8].

Tento krok nám umožní objektivně zhodnotit jednotlivé navržené varianty pracoviště a na základě zvolených kritérií a jejich významnosti jsme schopni určit optimální variantu nejlépe vyhovující našim požadavkům.

Hodnotová analýza sleduje následující kroky:

- výběr vhodných kritérií;
- hodnocení kritérií;
- stanovení významnosti kritérií;
- hodnocení variant a výběr optimální varianty.

4.1. Kritéria hodnocení

Každá z výše uvedených variant řešení výukového pracoviště má své výhody i nevýhody. Proto nyní budou navržena jednotlivá kritéria z různých stránek pohledu, podle kterých budeme tyto dané varianty posuzovat.

Hodnocení výsledného řešení se tedy opírá o stupně plnění jednotlivých kritérií. Je nutné si uvědomit, že zvolená kritéria mají rozdílný faktor významnosti. Proto v našem případě je zvoleno sedm nejdůležitějších kritérií, jenž mají vysoké postavení při volbě optimální varianty pracoviště.

ČÍSLO KRITÉRIA	NÁZEV KRITÉRIA	CHARAKTERISTIKA KRITÉRIA
K1	Nahraditelnost OM - Ekonomický pohled	Náhrada použitého, či při manipulaci neplánovaně zničeného OM posuzována z pohledu nákladů.
K2	Nahraditelnost OM - pohled dostupnosti	Náhrada použitého, či při manipulaci neplánovaně zničeného OM posuzována z pohledu možné dostupnosti stejného.
K3	Pořizovací náklady	Odhad celkových nákladů, k uvedení pracoviště do požadovaného stavu.
K4	Provozní náklady	Odhad celkových nákladů provozu pracoviště, při optimálních podmínkách.
K5	Náročnost	Náročnost transformace pracoviště z virtuálního 3D prostředí, do prostředí reálného.
K6	Různorodost pohybů PR	Různorodost pohybů PR přímouměrně zvyšuje výukovou hodnotu navrženého zařízení.
K7	Bezpečnost pracoviště	Bezpečnost pracoviště, vůči její obsluze.

tab. 6 kritéria rozhodování

4.2. Bodovací stupnice

Doporučená bodovací stupnice umožní vybraným expertům (v posuzované problematice) ohodnotit jednotlivá kritéria, což povede k následnému statistickému zpracování dat.

HODNOTY KRITÉRIÍ	
Vysoká úroveň	6
Dobrá úroveň	5
Průměrná úroveň	4
Nízká úroveň	3
Nevyhovující úroveň	2
Nepříznivý stav	1

tab. 7 bodovací stupnice

Každé kritérium výše uvedených variant pracoviště je ohodnoceno podle této bodovací stupnice a zaznamenáno do tab. 8.

ČÍSLO KRITÉRIA	NÁZEV KRITÉRIA	VARIANTY		
		A	B	C
K1	Nahraditelnost OM - Ekonomický pohled	6	4	4
K2	Nahraditelnost OM - pohled dostupnosti	6	2	2
K3	Pořizovací náklady	6	4	4
K4	Provozní náklady	4	6	6
K5	Náročnost	6	4	5
K6	Různorodost pohybů PR	5	6	5
K7	Bezpečnost pracoviště	6	6	6

tab. 8 ohodnocení kritérií

4.3. Určení významnosti kritérií

Pro určení významnosti byla použita metoda srovnání kritérií v trojúhelníku párů. V průběhu této metody jsou kritéria postupně srovnávána každá s každým, z nichž se určí, které kritérium ze srovnávaných dvou je důležitější, a to je pak ohodnoceno jedním bodem. V případě stejné důležitosti je započtena pouze polovina bodu. Dle počtu voleb je určeno pořadí významnosti jednotlivých kritérií. Nakonec je spočtena tzv. váha významnosti, sloužící ke konečnému zhodnocení variant pracoviště.

Váha významnosti se určí dle vztahu:

$$v = \frac{1}{7} p + 1 \quad (1)$$

kde:

v ... počet voleb

p ... váha významnosti

VÝZNAMNOST KRITÉRIÍ	
Nejvyšší	2
Nejnižší	1

POROVNÁVANÉ PÁRY KRITÉRIÍ						POČET VOLEB v	POŘADÍ	VAHA VÝZNAMNOSTI q
K1	K1	K1	K1	K1	K1	2,0	5	1,286
K2	K3	K4	K5	K6	K7	5,5	1 - 2	1,786
	K2	K2	K2	K2	K2	2,5	3 - 4	1,357
	K3	K4	K5	K6	K7	1,5	6	1,214
		K3	K3	K3	K3	2,5	3 - 4	1,357
		K4	K5	K6	K7	1,0	7	1,143
			K4	K4	K4	5,5	1 - 2	1,786
			K5	K6	K7			
				K5	K5			
				K6	K7			
					K6			
					K7			

tab. 9 srovnání kritérií v trojúhelníku párů

4.4. Hodnocení variant a výběr optimální varianty

Jednotlivé varianty pracoviště jsou hodnoceny dle tzv. váženého indexu kritérií.

VARIANTA A

KRITÉRIUM	HODNOTA	VAHA VÝZNAMNOSTI KRITÉRIA q	INDEX ZMĚNY lij	VAŽENÝ INDEX KRITÉRIÍ lij ^a
K1	6	1,286	6	7,714
K2	6	1,786	6	10,714
K3	6	1,357	6	8,143
K4	4	1,214	4	4,857
K5	6	1,357	6	8,143
K6	5	1,143	5	5,714
K7	6	1,786	6	10,714
Celkový součet vážených indexů VARIANTA A				56,000

VARIANTA B

KRITÉRIUM	HODNOTA	VAHA VÝZNAMNOSTI KRITÉRIA q	INDEX ZMĚNY lij	VAŽENÝ INDEX KRITÉRIÍ lij ^a
K1	4	1,286	4	5,143
K2	2	1,786	2	3,571
K3	4	1,357	4	5,429
K4	6	1,214	6	7,286
K5	4	1,357	4	5,429
K6	6	1,143	6	6,857
K7	6	1,786	6	10,714
Celkový součet vážených indexů VARIANTA B				44,429

tab. 10 celkové hodnocení Varianty A a B

VARIANTA C

KRITERIUM	HODNOTA	VAHA VÝZNAMNOSTI KRITÉRIA q	INDEX ZMENY lij	VAZENÝ INDEX KRITERII lij ^a
K1	4	1,286	4	5,143
K2	2	1,786	2	3,571
K3	4	1,357	4	5,429
K4	6	1,214	6	7,286
K5	5	1,357	5	6,786
K6	5	1,143	5	5,714
K7	6	1,786	6	10,714
Celkový součet vážených indexů VARIANTY C				44,643

tab. 11 celkové hodnocení Varianty C

Rozhodujícím faktorem pro výběr optimální varianty je celkový součet vážených indexů jednotlivých variant. Varianta A získala nejvíc bodů, bude se tedy na ni pohlížet jako na optimální variantu, která bude následně detailněji rozpracována.

POŘADÍ	CELKOVÝ SOUČET VÁŽENÝCH INDEXŮ lij ^a	VARIANTA
1	56,0	A
2	44,6	C
3	44,4	B

tab. 12 celkové vyhodnocení variant

5. Návrh výukového RTP pro manipulaci s objekty PR

5.1. Účel a funkce robotizovaného pracoviště

Robotizované pracoviště je navrženo především pro laboratorní použití na Centru robotiky. Jedná se o výukové pracoviště, na kterém se studenti během svého studia na Katedře robototechniky seznámí s nejmodernějším zařízením ve svém oboru. Studenti si budou moci na vlastní kůži osahat a otestovat veškeré funkce a vymoženosti, kterými toto pracoviště disponuje. Do těchto vymožeností můžeme zahrnout polohování moderního robotu IRB 140 s angulární kinematickou strukturou. Na pracovišti je rovněž demonstrována automatická výměna pneumatických efektorů a v neposlední řadě se studenti seznámí s možností offline programování robotizovaného pracoviště pomocí softwaru RobotStudio. Hlavním účelem vzniku výukového robotizovaného pracoviště je tedy seznámení studentů s praktickým využitím robotu v reálném prostředí a čase, místo jejich zahlcování teorii bez možnosti praktického ověření.

5.2. Postup aplikace výukového pracoviště

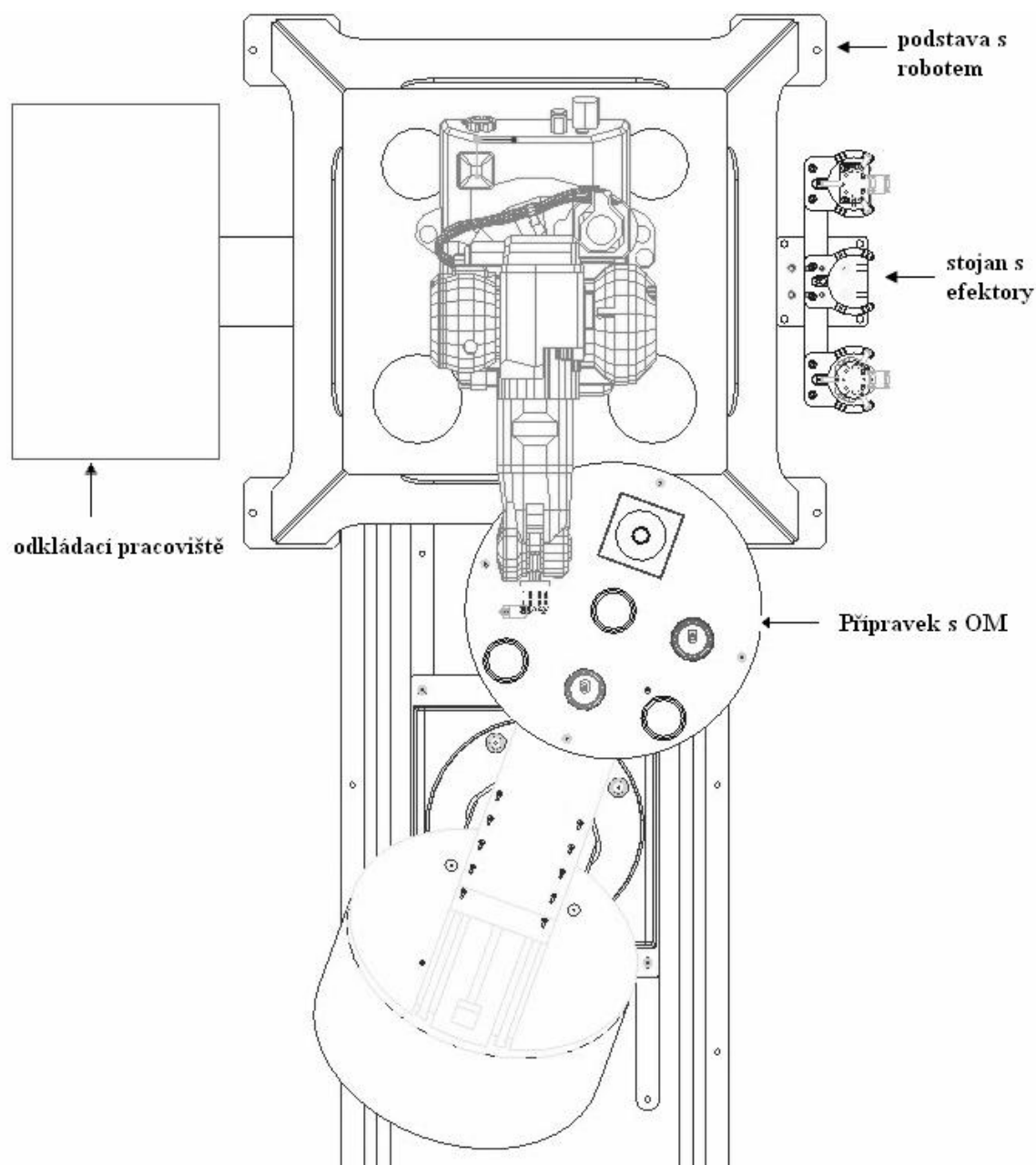
Prvním krokem systémového postupu je zvládnutí problematiky výrobního procesu, teprve potom můžeme přistoupit k vlastní problematice navrhování pracoviště. Základním pravidlem je řádně analyzovat výrobek (OM) a jeho funkce, od kterých se následně vyvíjí výrobní postup, materiálový tok, manipulace s objekty atd.

Počátek navrhované výukové aplikace (spadající do oblasti robotizovaných pracovišť, určených k manipulaci s objekty) představují již vložené OM do přípravku připevněného na polohovacím robotu OJ-10. Tento přípravek zajišťuje neměnnou polohu OM při opakování aplikace v provozu. OM jsou tvarově odlišné součásti (skleničky a nápoje), jejichž detailnější popis je uveden v následující kapitole.

Pomocí průmyslového robotu IRB 140, jenž je ukotven k podstavci o výšce 510 mm (jeho součástí je i stojan s efektor, určený pro automatickou výměnu hlavic v průběhu

výrobního procesu) dojde k postupnému odběru OM z přípravku a přesunutí na odkládací stůl. Tato zmíněná operace se týká tvarově odlišných skleniček.

Další operací, kterou na tomto pracovišti PR vykonává, je otevření různých druhů nápojů s odlišným systémem uzavření tekutiny v typizovaném obalu, jako je např. plechovka, PET láhev atd. K této operaci poslouží speciálně pro tento úkon navržené tvarové čelisti, které jsou součástí efektorů použitých v průběhu aplikace.



obr. 23 znázornění navrhovaného výukového pracoviště

5.3. Manipulace s objekty na pracovišti

Návrhy manipulace s objekty musí splňovat požadavky hospodárnosti, tzn. efektivnost, systémovost, jednoduchost a optimalizaci materiálového toku. Při řešení manipulace s objekty se jedná o souhrn operací v přepravě, skladování, technologických operací a expedici. Je nezbytné navrhovat takové cesty pohybu, které jsou přímé a nejkratší, bez zbytečného křížování a zpětných pohybů. [3]

Vzhledem k tomu, že diplomová práce se zabývá výukovým pracovištěm, jehož stavební struktura odpovídá robotizovanému modelu, je zde manipulace značně omezena především na operační a mezioperační manipulaci s OM, oproti pružným robotizovaným linkám, kde je rozsah pohybu a manipulace s materiálem mnohem rozsáhlejší.

5.3.1. Objekty manipulace ve vytvářené aplikaci

Dříve než začneme plánovat manipulace na pracovišti, je nezbytná prvotní přesná specifikace samotného objektu manipulace. Jak již bylo dříve zmíněno, pracoviště se bude zabývat otevíráním nápojů s rozdílným typem uzávěrů.

Původním záměrem byla snaha otevřít pomocí průmyslového robotu nápoje, které jsou v současné době uzavřeny třemi nejčastěji používanými způsoby viz. obr. 24. V průběhu realizace pracoviště se však vyskytly překážky (viz. str. 56), které znemožnily otevření láhve uzavřené plechovým víčkem.



obr. 24 tři nejčastěji používané způsoby uzavření nápojů

Vzhledem k tomu, že po otevření nápoje vznikne trvalá deformace obalu a tím již není možné dát obal do původního stavu, bude nutno použít typizované a lehce dostupné obaly nápojů. To nám zaručí stálý a bezproblémový chod pracoviště, přestože vyměníme použité objekty manipulace. Veškeré tyto nápoje jsou snadno k dostání v areálu VŠB TU-Ostrava. Vzhledem k tomu, že se jedná pouze o výukové pracoviště a aplikace svým provozem na sebe nijak nevydělává, jsou i pořizovací náklady na OM řádově v desítkách korun, což je zanedbatelné a pro studenty pracující na pracovišti jistě akceptovatelné. Dalšími OM v aplikaci budou skleničky, do nichž bude nápoj nalit.

Použité obaly nápojů : - 1 ks plechovka 0,33 l s limonádou

- 1 ks plechovka 0,5 l s pivem
- 1 ks pet láhev 1,5 l – výrobce Ondrášovka



obr. 25 otevírané nápoje PR

Použité skleničky : - 2 ks sklenička 0,2 l

- 1 ks pивní sklo 0,3 l



obr. 26 použité skleničky v aplikaci

5.3.2. Manipulace s objekty

Manipulaci na pracovišti s výše uvedenými objekty bude zajišťovat průmyslový robot IRB 140 angulární kinematické struktury. K uchopení a samotné manipulaci robot využije tři typově odlišné moderní pneumatické efektory společnosti Schunk, jejichž detailní popis již byl uveden na *str. 26-30*. Tyto efektory jsou dodávány bez čelistí, které je nutno navrhnout dle potřeby použití a konstrukce OM.

Na pracovišti je nezbytné použít dva typy čelistí:

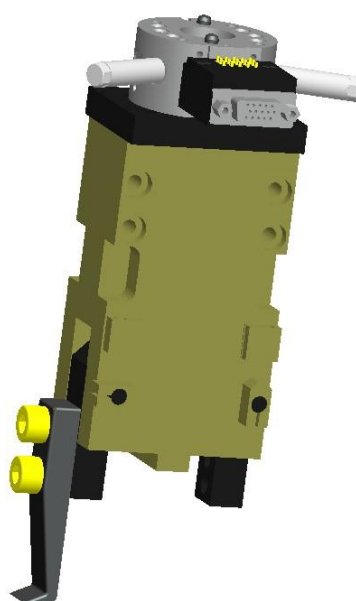
- pro otevření nápoje
- pro změnu polohy OM

a) Otevření nápoje

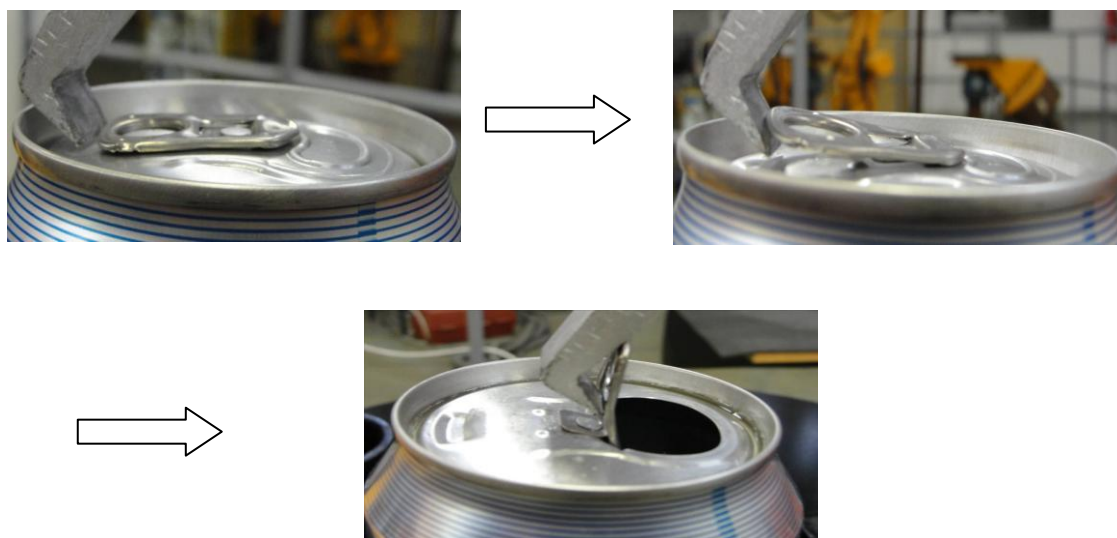
Při otvírání nápojů (2 plechovky a 1 PET láhev) budou využity dva ze tří efektorů. Pro otevření plechovky použijeme úhlový efektor s označením GWB 64 a pro otevření PET láhve bude k dispozici 3prstý efektor s označením PZN – Plus 64 – 1.

Otevření plechovky

K otevření plechovky dojde kombinací pohybu robotu a úhlového mechanismu efektoru. K základně čelisti je připevněný nástroj, který byl speciálně pro tento účel navržený a posléze byl dle výkresové dokumentace vypálen z plechu $T = 10 \text{ mm}$.

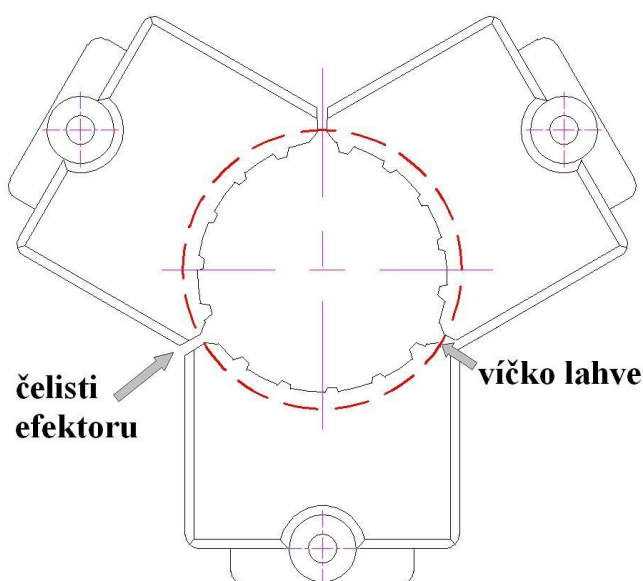


obr. 27 efektor s nástrojem pro otevření plechovky

*obr. 28 otevření plechovky*

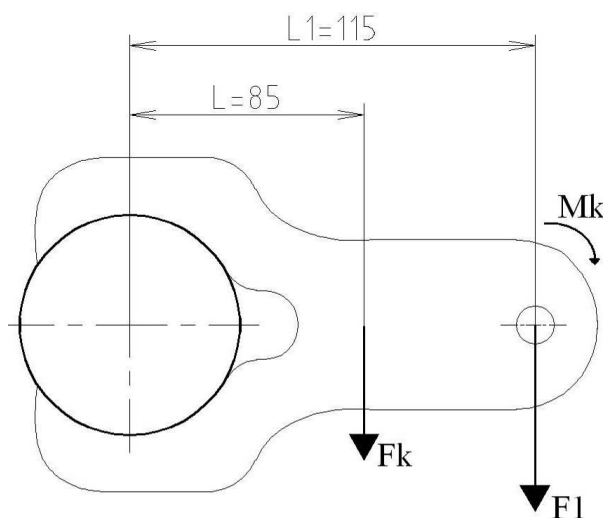
Otevření PET láhve

K otevření PET láhve dojde kombinací pohybu robotu a 3prstého efektoru. Na efektoru jsou připevněny čelisti, které byly speciálně pro tento účel navrženy. Robot pomoci těchto čelistí pevně uchopí láhev za víčko a za kombinovaného horizontálního pohybu s rotací efektoru kolem své osy dojde k otevření láhve. Čelisti jsou navrženy tak, že efektor uchopí víčko již po 4 mm svého zdvihu. Zbývající 2 mm poskytují dostatečnou rezervu k tomu, aby víčko láhve bylo pevně uchyceno i při drobných výrobních nepřesnostech či poddajnosti materiálu. Funkční plocha čelistí je vybavena výčnělky, jenž zabráňují prokluzu víčka v čelistech, při samotném otevírání láhve.

*obr. 29 čelisti efektoru k otevření PET láhve v uzavřeném stavu*

V průběhu návrhu čelistí bylo nutno zjistit, jak velký krouticí moment je zapotřebí k otevření láhve. Tato hodnota se povedla získat experimentálním pokusem:

- víčko bylo pevně sevřeno kleštěmi, které jsou schopny si ponechat neměnnou uchopovací sílu;
- na rukojeť kleští byla zavěšena nádoba, do které se přidávala voda;
- zatížení v podobě vody v nádobě se postupně navyšovalo, dokud nedošlo k povolení víčka na láhvi.



obr. 30 rozložení sil, při otevření láhve kleštěmi

Výpočet potřebného M_k pro otevření láhve:

$$M_{KL} = L \cdot m_{KL} \cdot g = 0,085 \cdot 0,502 \cdot 9,81$$

$$M_{KL} = \underline{\underline{0,42 Nm}} \quad (2)$$

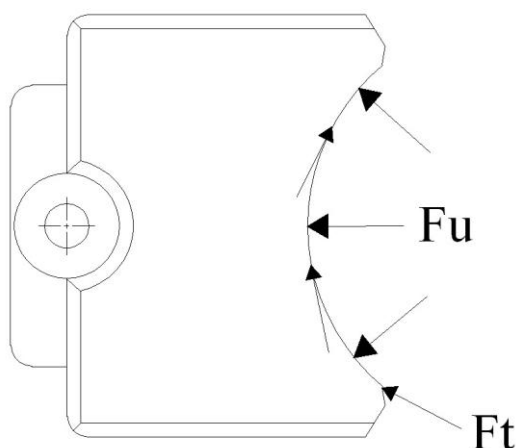
$$M_Z = L_1 \cdot m \cdot g = 0,115 \cdot 3,086 \cdot 9,81$$

$$M_Z = \underline{\underline{3,48 Nm}} \quad (3)$$

$$M_K = M_{KL} + M_Z = 0,42 + 3,48$$

$$M_K = \underline{\underline{3,9 Nm}} \quad (4)$$

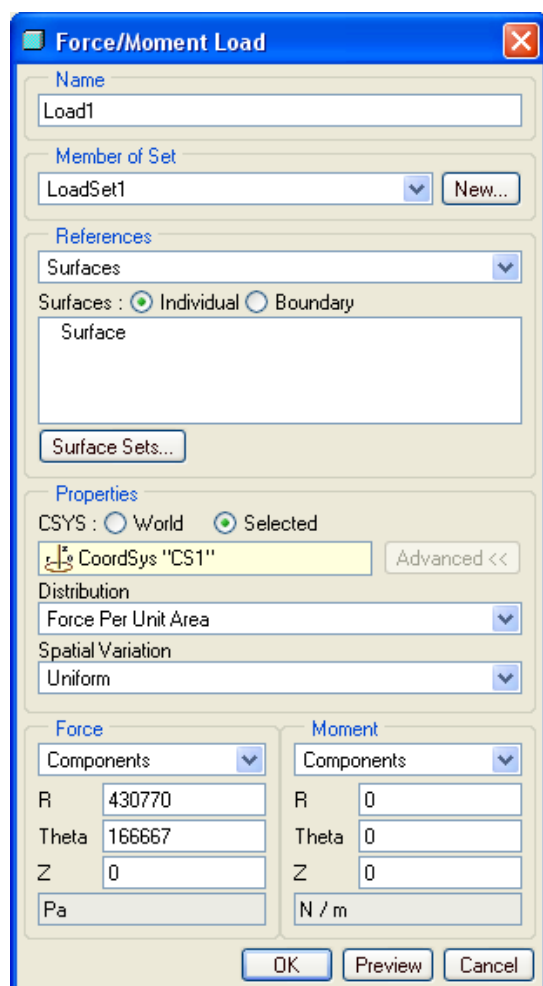
Takto získaný krouticí moment použijeme k následné napěťové analýze čelistí. Vzhledem k tomu, že čelisti budou vyrobeny pomocí systému Rapid Prototyping – 3D tisk a zatím nejsou známy přesné mechanické vlastnosti materiálu, z něhož jsou čelisti vyrobeny, bude tato analýza pouze orientační, abychom zjistili alespoň přibližně průběh napětí při zatížení čelistí.



Fu – Uchopovací síla efektoru na čelist, při tlaku 3,5 Bar je 112 N.

Ft – Tečná síla k ploše, jenž nahrazuje kroutící moment.

obr. 31 zatížení čelisti při otvírání láhve



obr.32 nastavení zatížení v Pro/Engineeru

Uchopovací síla na jednotku plochy:

$$R = \frac{F_u}{S} = \frac{112}{0,00026}$$

$$R = \underline{\underline{430770 Pa}} \quad (5)$$

Tečná síla na jednotku plochy:

$$F_t = \frac{M_k}{3 \cdot D_{vič.} \cdot S} = \frac{3,9}{3 \cdot 0,03 \cdot 0,00026}$$

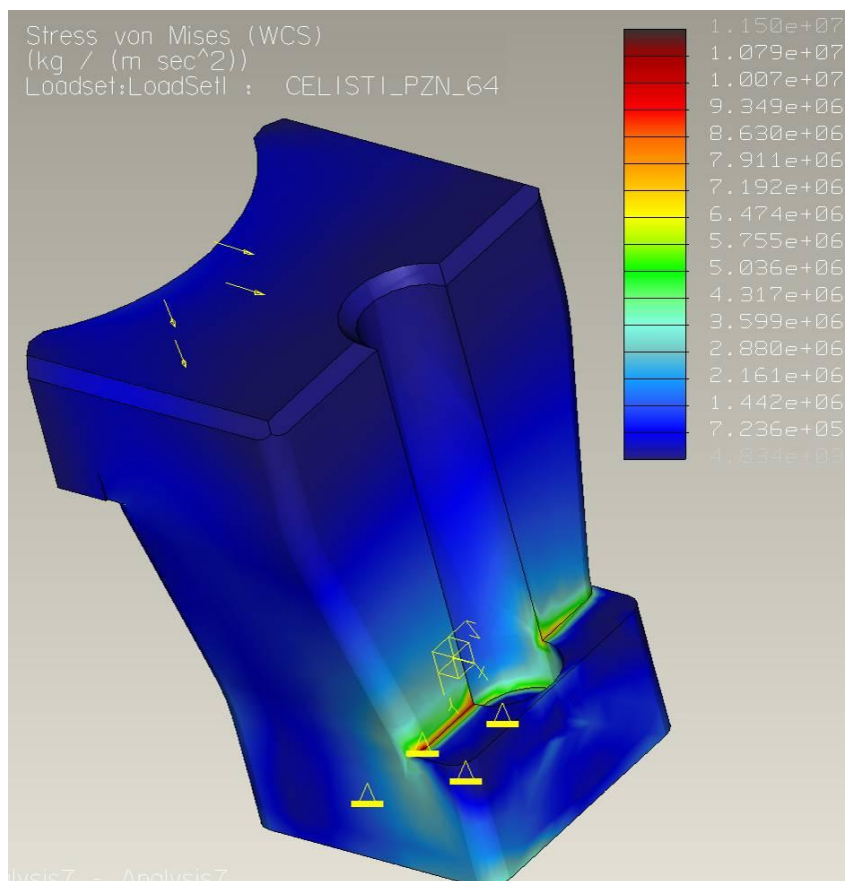
$$F_t = \underline{\underline{166667 Pa}} \quad (6)$$

Run Status (Analysis7.rpt) Not Running		
Measures:		
Name	Value	Convergence
max_beam_bending:	0.000000e+00	0.0%
max_beam_tensile:	0.000000e+00	0.0%
max_beam_torsion:	0.000000e+00	0.0%
max_beam_total:	0.000000e+00	0.0%
max_disp_mag:	9.828344e-05	0.2%
max_disp_x:	8.775307e-05	0.2%
max_disp_y:	-4.705936e-05	0.1%
max_disp_z:	-3.518039e-05	0.1%
max_prin_mag*:	-1.569073e+07	10.5%
max_rot_mag:	0.000000e+00	0.0%
max_rot_x:	0.000000e+00	0.0%
max_rot_y:	0.000000e+00	0.0%
max_rot_z:	0.000000e+00	0.0%
max_stress_prin*:	9.055370e+06	17.6%
max_stress_vm*:	1.150496e+07	14.8%
max_stress_xx*:	-8.117402e+06	12.0%
max_stress_xy*:	-4.746580e+06	12.5%
max_stress_xz*:	-4.080661e+06	19.3%
max_stress_yy*:	-1.299201e+07	9.4%
max_stress_yz*:	-2.973737e+06	17.4%
max_stress_zz*:	-6.056196e+06	13.4%
min_stress_prin*:	-1.569073e+07	10.5%
strain_energy:	3.811809e-03	0.3%

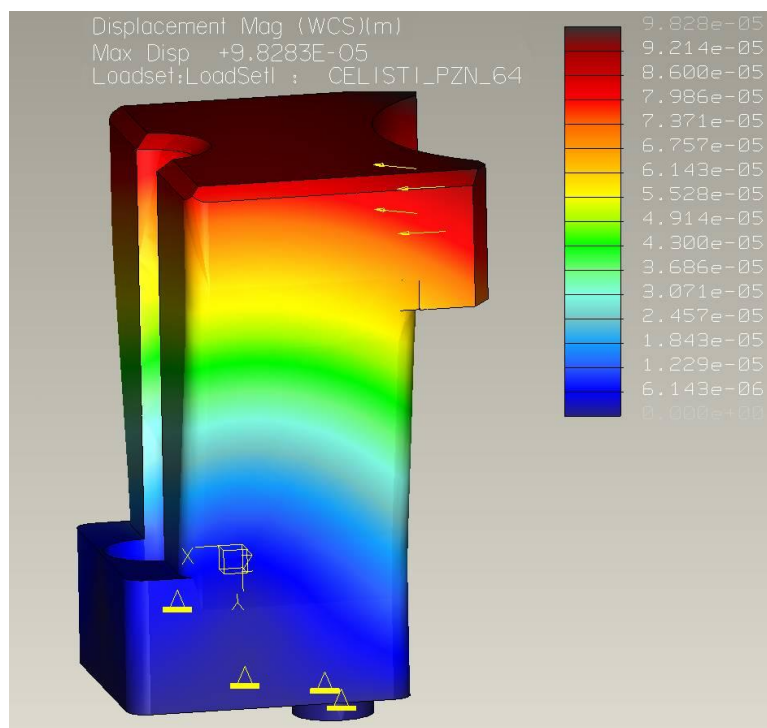
☐ Detailed Summary

Close

obr.33 výsledky analýzy v Pro/Engineeru



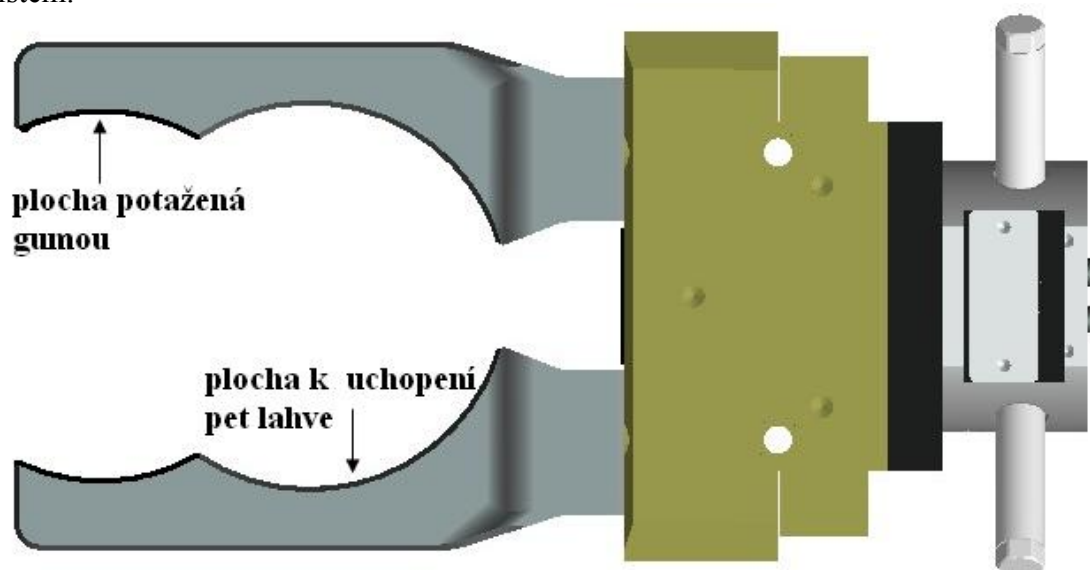
obr.34 výsledky analýzy v Pro/Engineeru – napětí



obr.35 výsledky analýzy v Pro/Engineeru – průhyb

b) Přemístění objektů

K přemístění skleniček a nápojů bude využito zbývajícího dvouprstého efektoru s označením PGN – Plus80 – 1. Na efektoru jsou připevněny tvarované čelisti, které byly speciálně pro tento účel navrženy. Robot pomocí těchto čelistí pevně uchopí OM a po navržené trajektorii pohybu jej přemístí do žádané pozice. Funkční plocha čelistí pro uchopení skleniček a plechovky je pokryta gumou. Tím zajistíme bezpečnější uchopení objektu, jelikož zvýšíme se součinitelem tření i přilnavost hladkého povrchů plechovky k čelistem.



obr. 36 efektor PGN - Plus 80 -1 s čelistmi

5.4. *Obsluha pracoviště*

Výuková aplikace na robotizovaném pracovišti je dosti rozsáhlá. Skládá se ze tří podaplikací, které se zabývají otevřením odlišných nápojů a jejich změnou polohy. Z tohoto důvodu je stanoven maximální počet studentů na pracovišti na tři. Každý ze studentů bude mít k dispozici svůj vlastní OM, na kterém si může testovat či ověřovat své vědomosti dosažené při výuce.

Požadavky na osoby pracující na výukovém pracovišti:

- Znat mechanické vlastnosti a technické parametry pracoviště.
- Orientovat se v problematice robotů.
- Znat zásady bezpečné obsluhy a provozu na robotizovaném pracovišti.

Pokud obsluha pracoviště má v některém z těchto bodů informační nedostatky, je nutné, aby proškolený vyučující obeznámil obsluhu robotizovaného pracoviště s danou problematikou.

5.5. *Odkládací plochy na pracovišti*

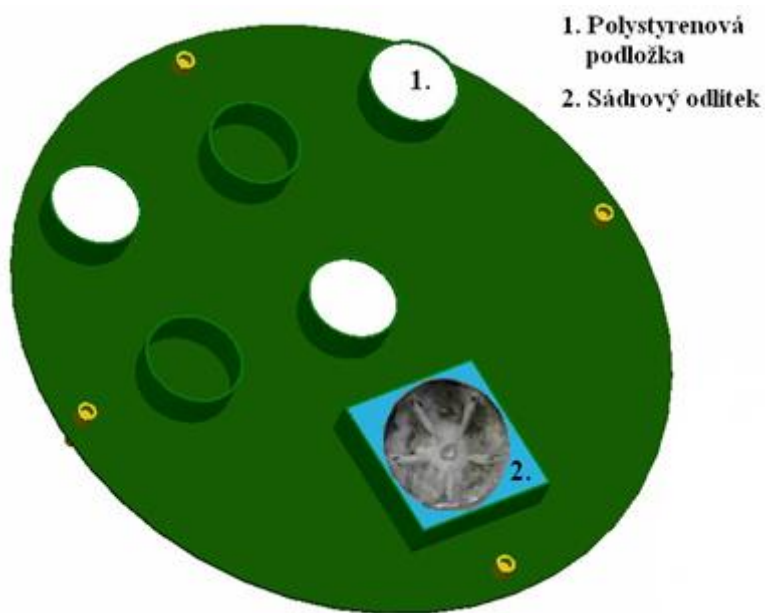
Pro tento typ aplikace výukového pracoviště bylo nezbytné, abychom v průběhu realizace vytvořili přípravek na polohovadle a odkládací stůl. Přípravek nám zajistí neměnnou polohu OM při zahájení procesu a odkládací stůl je k dispozici pro nalití nápoje do skleniček.

Ustavovací deska

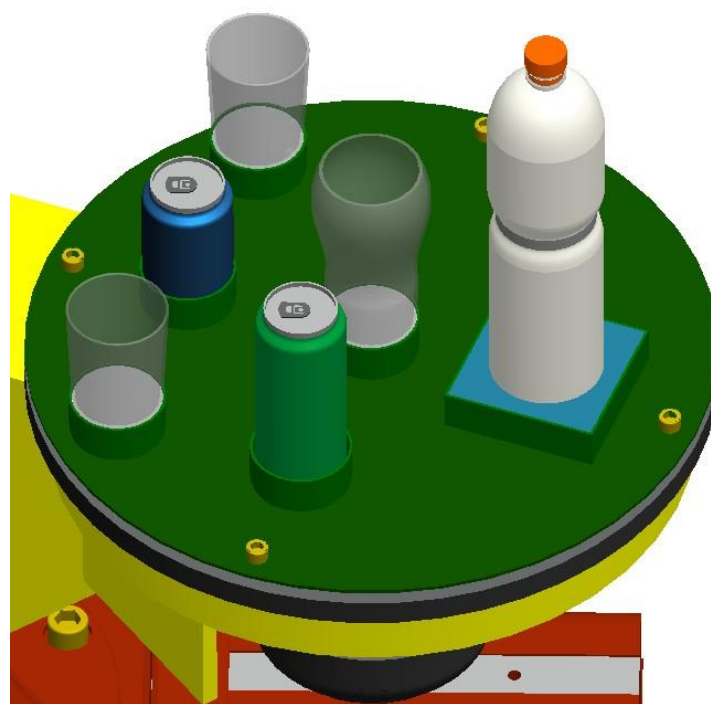
Tento přípravek je vyroben jako svařenec a pomocí čtyř šroubů je připevněn k upínací ploše polohovacího robotu OJ-10. Na plech \varnothing 500 mm a tloušťky 3 mm jsou přivařeny kroužkové segmenty, které ustaví OM v požadované poloze. Každý takto přivařený segment má svůj vlastní přiřazený OM. Z tohoto důvodu nesmí dojít k záměně pozic objektů manipulace do přípravku před vlastním zahájením aplikace. Samotné rozestavení nápojů a skleniček v přípravku je znázorněno na *obr. 36*.

Z důvodu zamezení kolize robotu s upínací deskou polohovadla při odběru skleniček jsou skleničky vyvýšeny polystyrénovým podstavcem.

Abychom zabránili otáčení láhve při odšroubovávání víčka, musíme tuto láhev staticky znehybnit. Toho docílíme tvarovým stykem sádrového odlitku dna láhve, který je rovněž součástí přípravku. Sestavný výkres přípravku je součástí přílohy této diplomové práce.



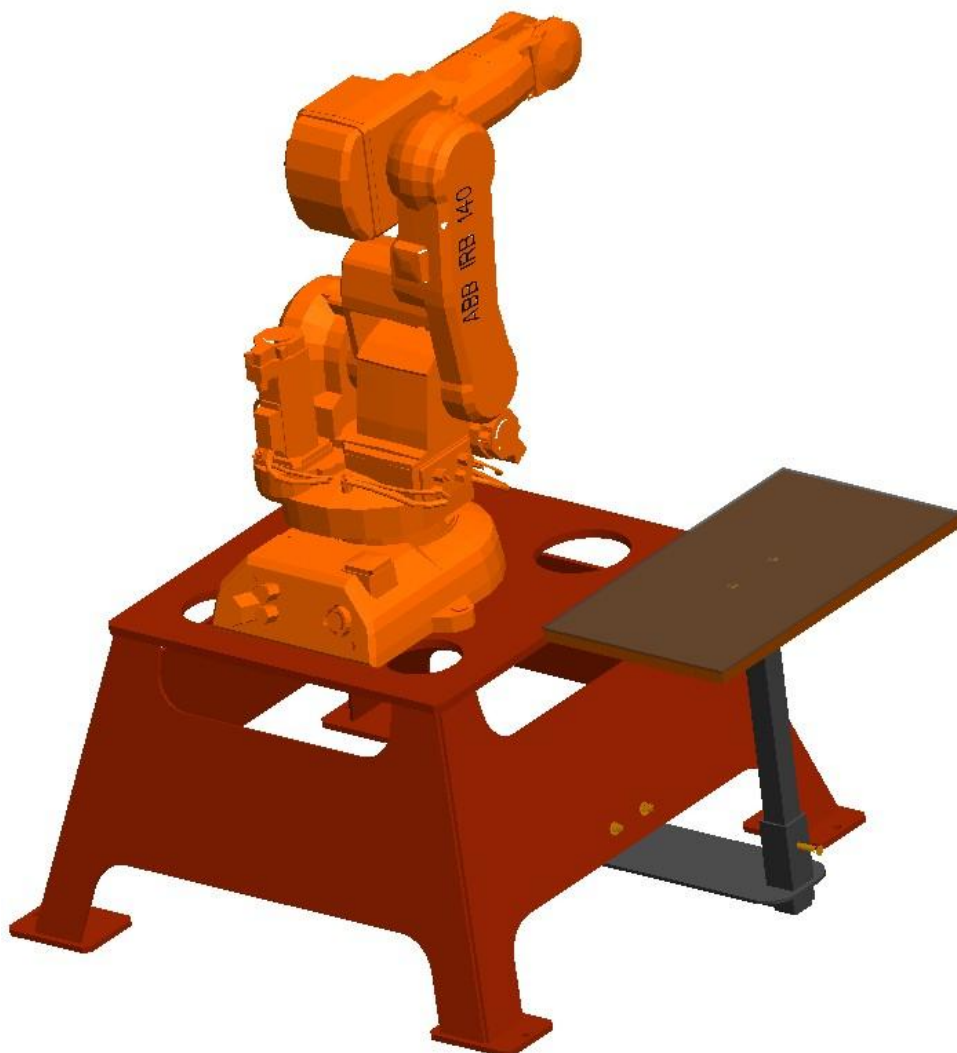
obr. 37 přípravek k ustavení OM



Odkládací stůl

Odkládací stůl je sestaven ze dvou navzájem polohovatelných svařenců. Zajištění požadované výšky stolu má na starosti šroub M8, který po dotažení svým tlakem přitlačí profily k sobě a zajistí tak statickou nehybnost. Spodní díl stolu je pomocí dvou šroubů M10 připevněn k podstavci robotu.

Při zkušebním provozu aplikace docházelo při uvolnění OM z čelistí k nežádoucímu pohybu objektu po odkládací ploše stolu. Z tohoto důvodu jsme povrch desky vybavili vrstvou molitanového koberce, čímž jsme nežádoucí pohyb OM minimalizovali. Celá konstrukce stolu je zobrazena na *obr. 34*, popř. součástí přílohy této diplomové práce je i sestavný výkres tohoto stolu.



obr. 39 upevněný odkládací stůl k podstavci robotu

5.6. Bezpečnost na pracovišti

Bezpečnost na pracovišti zajišťuje již v minulosti instalovaná bezpečnostní brána, které díky taktilním spínačům dává informaci o stavu brány řídicí jednotce robotu. Pokud je takto zabezpečená brána otevřená, robot není možno uvést do provozu, popř. pokud se brána otevře během činnosti robotu, robot se automaticky zastaví. Pracoviště je rovněž vybaveno STOP tlačítkem, které je umístěno na kancelářském stole poblíž PC. Toto STOP tlačítko rovněž v případě nutnosti okamžitě vyřadí robot z činnosti.

Dalším bezpečnostním prvkem, kterým pracoviště disponuje je omezení výkonu robotu při online programování. Při této situaci se obsluha pracoviště pohybuje v pracovním prostoru robotu, což vytváří zvýšený požadavek na bezpečnost. Proto je řídicí systém vybaven omezovačem, který sníží výkon robotu o 75%. Pohyb robotu je tímto značně zpomalen, ale pro demonstraci požadovaného pohybu je zcela dostačující.

6. Realizace výukového pracoviště

6.1. Robot Studio

Tento software je plně kompatibilní s řídicím systémem robotu. Jakýkoli simulační program výrobního procesu vytvořený v tomto softwaru, lze přetransformovat do reálného prostředí. Stejně tak tomu je i u této diplomové práce. Navržené výukové pracoviště bude pracovat plně automaticky na základě programu, který byl vytvořen offline v Robot Studiu. Součástí této diplomové práce je i příloha, ve které jsou popsány jednotlivé etapy tvorby programu.

Musíme si ale uvědomit, že Robot Studio je pouze software, který pracuje s virtuálním prostředím. Toto virtuální prostředí nelze plně ztotožnit s tím reálným, ale lze se mu však do jisté míry přiblížit. V reálném prostředí vznikají např. výrobní nepřesnosti, působí zde fyzikální zákony a na základě těchto odlišností je nutno program v reálném prostředí doladit. Tyto změny mohou vést k drobné úpravě trajektorie pohybu robotu, úpravě

rychlosti operačních či mezioperačních pohybů, či dokonce mohou tyto odlišnosti vést ke zjištění, že požadovanou operaci navrženým postupem není možno provést.

6.2. *Úprava programu v Robot Studiu před jeho importací do řídicího systému robotu na pracovišti*

Vzhledem k tomu, že RobotStudio simuluje výrobní proces graficky, je nezbytné v něm vytvořit signály a k nim přiřadit události (Events). Tyto události signálu dodají grafickou podobu, kterou samotný signál způsobuje. Některé signály jsou však pouze virtuální a umožňují jen realistický chod simulace (např. simulují mechanickou úchopovou sílu efektoru z reálného prostředí). V reálném prostředí však tyto signály nejsou připojeny na řídicí kartu controleru a je nutno je ze zdrojového programu vymazat.

Následujícím krokem, který musíme provést je ztotožnění souřadných systémů robotů z virtuálního prostředí a prostředí reálného. Za standardních podmínek tento krok odpadá, ale při ustavení robotů na Centru robotiky nedošlo ke správnému nastavení jeho souřadného systému v jeho řídicí jednotce. Robot se proto chová, jako by byl ukotven na podlaze a ne na podstavci o výšce 510 mm. Z tohoto důvodu je nezbytné, abychom v Robot Studiu veškeré souřadnice trajektorie pohybu robotu upravili tak, že je posuneme v ose Z o 510 mm dolů.

Po následné importaci zdrojového programu do řídicí jednotky robotu jsme museli pomocí ručního online programování odladit výrobní nepřesnosti.

6.3. *Potíže způsobené hadicemi od pneumatického rozvaděče*

Při tvorbě trajektorie pohybu robotu a samotného programu v RobotStudiu nebyl brán v úvahu již v minulosti nainstalován rozvod stlačeného vzduchu na robotu pomocí polyuretanových hadic. Tento prvek byl zanedbám z důvodu nemožnosti simulovat deformaci těchto hadic při pohybu robotu ve virtuálním prostředí.

Jak můžeme vidět na *obr. 40*, hadice značně zasahují do pracovního prostoru robotu. Při spuštění programu v reálném prostředí proto docházelo ke kolizi hadic s OM, např. na odkládacím stole. Tento nedostatek jsme odstranili sepnutím čtyř hadic do jednoho svazku a kombinací úprav trajektorie pohybu a natočení čtvrté pohybové osy robotu.



Obr.40 robot IRB 140

Při otvírání PET láhve (dochází zde k maximálnímu využití rozsahu pohybu poslední osy) však dochází k namotávání svazku hadic na přírubu robotu. Při takto nahodilém namotávání (jeho průběh se nedá nijak ovlivnit) může při nežádoucí deformaci svazku hadic dojít k namotání hadice na efektor a poté k následné kolizi při výměně efektoru ve stojanu. Možným řešením, jak zabránit této kolizi, je využití hadic vinutých ve šroubovici. Zkrácením a postupným rozvíjením hadic při otvírání láhve by mohlo dojít k přijatelnému ovlivnění namotávání rozvodných hadic na přírubu robotu.



obr.41 více žilové hadice vinuté ve šroubovici

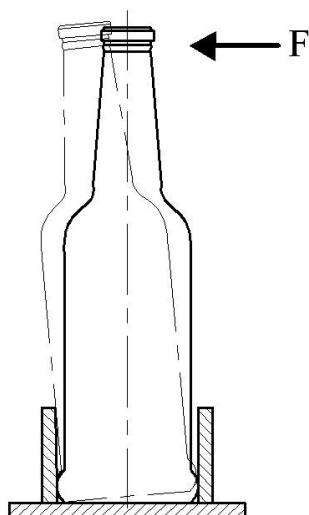
6.4. Potíže při otvírání pивní láhve

Jak již bylo zmíněno na str. 43, původním záměrem vytvářeného pracoviště bylo otevření mimo jiné i pивní láhve. K samotnému procesu otevření mělo dojít stejně jako u plechovky, a to kombinací pohybu robotu a úhlového efektoru, na který byl připevněn otvírák láhví. Po vytvoření simulace v RobotStudiosu došlo na testování aplikace v reálném prostředí. Tyto testy ukázaly, že otevření pивní láhve na tomto pracovišti bude značně obtížné či dokonce nemožné, a to z těchto důvodů:

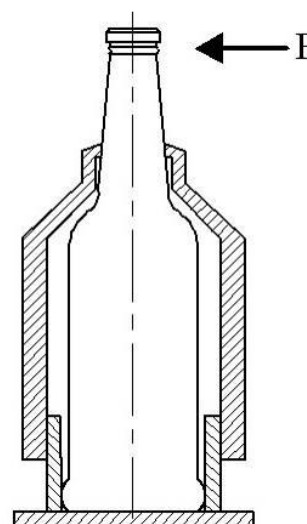
1. důvod – značné výrobní tolerance na vnějším průměru láhve

Jak můžeme vidět na *obr. 42*, pивní láhev je ve své spodní části opatřena rozšiřujícím prstencem. Tento výčnělek vytvářející vůli mezi přípravkem a stěnou sklenice způsobuje nestabilitu láhve v přípravku při polohování otvíráku na víko láhve. Pokud by pивní láhev měla pravidelný kruhový průřez, toto vychýlení by nevadilo. Pивní láhev má však značné výrobní tolerance vnějšího průměru, což způsobuje nepravidelný kruhový průřez a tím i rozdílné vychýlení láhve v přípravku. Důsledkem těchto tvarových nepřesností docházelo k destrukci láhve (odchylka byla menší, než na kterou byl vytvořen program) či vyklouznutí láhve z otvíráku (odchylka větší, než na kterou byl program vytvořen).

Tento problém bychom mohli řešit pomocí nasazení přípravku na hrdlo láhve, který by láhev staticky znehybnil, viz. *obr. 41*. Po otevření láhve by robot přípravek z láhve odstranil a pokračoval v plánovaném procesu.



obr.42 vychýlení pивní láhve při otvírání



obr.43 pивní láhev s přípravkem proti vychýlení

2. důvod – kolizní stav robotu

Druhým, zásadnějším důvodem, proč se nám nepodařilo otevřít láhev na navrženém výukovém pracovišti, je bezpečnostní ochrana robotu v kolizním stavu. Jakmile se robot pokusil otevřít láhev, nedokázal otvírákem překonat odpor víčka na láhvi. Zvýšené napětí na motorech robotu signalizovalo řídicímu systému kolizní stav a tím došlo automaticky k zastavení robotu. V důsledku těchto nepředpokládaných potíží jsme přistoupili k úpravě již vytvořeného programu v Robot Studiu a následně záměně láhvového piva za pivo v plechovce.

5.5. Zapojení kontrolních snímačů na pracovišti

Výukové pracoviště jsme na závěr vybavili kontrolními snímači. Tyto snímače mají za úkol sledovat polohu kontrolovaného objektu. Pokud se objekt nenachází v žádaném čase na stanovené pozici, řídicí systém robotu tuto situaci vyhodnotí jako závadu a aplikaci zastaví.

Na pracovišti jsou instalovány dva typy snímačů: - indukční
- magnetický

6.5.1. Indukční snímače

Indukční snímače se používají pro sledování aktuální polohy objektů. Snímače produkují vysokofrekvenční střídavé magnetické pole, které se vyskytuje na aktivní ploše snímače. Pokud kovový předmět vstoupí do takto sledované oblasti, čerpá energii z magnetického pole, čímž se sníží amplitudy kmitání. Tato změna je okamžitě detekována čidly snímače.



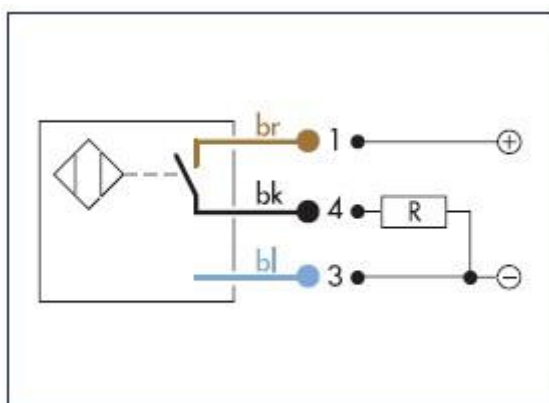
obr.44 indukční snímač společnosti Schunk

Tyto indukční snímače (tři kusy s označením IN 80-S-M12) jsou instalovány na stojanu efektoru a kontrolují, zda je efektor ve stojanu. Pomocí prodlužovacích kabelů jsou tyto snímače napojeny přímo na řídicí kartu kontroleru robotu. Pokud snímač detekuje efektor ve stojanu, vysílá řídicí jednotce robotu digitální signál, který vyhodnotí jako logickou 1. Pokud však tento efektor snímač nedetekuje, řídicí systém dostává signál, jenž vyhodnotí jako logickou 0.

Technické parametry

Spínací provedení	uzavírací
Vzdálenost snímání	1,5 mm
Nominální napětí	24 V
Rozsah napětí	10-30 V
Rozsah provozní teploty	-25 -70 °C
Max. spínací frekvence	1000 Hz
Hystereze spínací vzdálenosti	<15%
IP třída	67

tab.13 technické parametry indukčního snímače IN 80-S-M12



obr.45 zapojení indukčních snímačů do řídicí karty

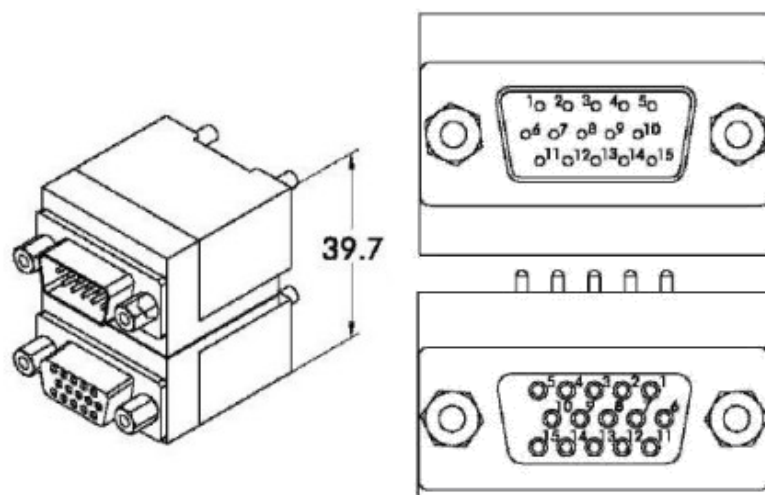
Další instalované indukční snímače (dva kusy s označením IN 40-S-M8) jsou na efektoru, který slouží k otevření plechovky. Snímače zde kontrolují otevření a zavření čelistí.

Technické parametry

Spínací provedení	uzavírací
Vzdálenost snímání	0,8 mm
Nominální napětí	24 V
Rozsah napětí	10-30 V
Rozsah provozní teploty	-25 -70 °C
Max. spínací frekvence	1000 Hz
Hystereze spínací vzdálenosti	<15%
IP třída	67

tab.14 technické parametry indukčního snímače IN 40-S-M8

Snímače jsou připojeny k řídicí kartě pomocí adapteru s konektory, které jsou součástí efektoru a příruby robotu. Z těchto konektorů signál dále putuje do sběrnice digitálních vstupů (je umístěna na rameni robotu), která je již propojena s řídicím systémem robotu.



obr.46 konektory pro přenos signálu z efektoru do řídicí jednotky robotu

6.5.2. Magnetické snímače

Magnetické snímače se stejně jak indukční používají pro sledování aktuální polohy objektů. Snímače reagují na magnetické pole. Odpory v senzoru jsou tvořeny několika feromagnetickými a neferomagnetickými vrstvami. Dva stíněné a dva nestíněné rezistory jsou spojeny do mostového obvodu, který vytváří signál úměrný magnetickému poli.



obr.47 magnetický snímač společnosti Schunk

Tento magnetický snímač (s označením MMS 22-S-M8) je instalován na efektoru, který slouží k otevření PET láhve. Snímače zde kontrolují otevření a zavření čelistí. Snímač je připojen k řídicí kartě stejně, jako předcházející indukční snímač na efektoru, a to pomocí adapteru s konektory, které jsou součástí efektoru a příruby robotu.

Technické parametry

Spinací provedení	uzavírací
Spinací rychlost	0,001 s
Nominální napětí	24 V
Rozsah napětí	10-30 V
Rozsah provozní teploty	-10 -70 °C
IP třída	67

tab.15 technické parametry magnetického snímače MMS 22-S-M8

7. Závěr

Zadání diplomové práce znělo: „Návrh a realizace výukového RTP pro PR ABB IRB 140 na UCR“. Prvním krokem při tvorbě této diplomové práce byla analýza robotizovaných pracovišť, která by mohla být realizována jako výuková pracoviště na Centru robotiky. Abychom byli schopni tuto diplomovou práci i zrealizovat (jak je uvedeno v zadání), bylo nezbytné vycházet z prostředků a možností, kterými disponuje laboratoř Centra robotiky. Proto, než došlo k samotnému návrhu aplikace pro výukové RTP, bylo rovněž nezbytné analyzovat současný stav laboratoře a její technické možnosti. Na základě této analýzy jsme navrhli tři varianty, ze kterých jsme pomocí hodnotové analýzy vybrali variantu neoptimálnější. Optimální varianta jsme následně realizovali.

Výsledkem je provozuschopné výukové robotizované pracoviště využívající automatické výměny efektoru. Pracoviště by mělo být v budoucnosti využíváno jako laboratorní úloha určená studentům Katedry robototechniky. Na námi navrženém a realizovaném pracovišti dochází k otevření tří různých nápojů uzavřených v PET láhvi a plechovce. Po otevření je nápoj pomocí robotu nalit do připravených skleniček. V rámci této diplomové práce jsme rovněž vytvořili návrh tvarových čelistí, které sloučí v průběhu aplikace k otevření nápojů, popř. k přemístění objektů. Tyto čelisti byly vyrobeny přímo na Katedře robototechniky pomocí systému Rapid Prototyping na 3D tiskárně. Dále jsme navrhli a vytvořili periferní zařízení v podobě odkládacího stolu a přípravku k fixaci objektu na polohovacím robotu OJ-10. Na pracovišti jsme dále nainstalovali magnetické a indukční snímače, které nám zajišťují kontrolu přítomnosti efektoru v odkládacím stojanu, popř. kontrolují stav pohybu čelistí. Výukové pracoviště bylo kompletně vytvořeno nejen v reálném prostředí, ale také v RobotStudiu.

8. Použitá literatura

- [1] BURKOVIČ, J. *Mechanizace a automatizace výrobních zařízení*. 1. vyd., Ostrava: skripta VŠB TU-Ostrava, 2003. ISBN 80-248-0513-2 118s.
- [2] BURKOVIČ, J. *Projektování a provoz RTP*. 1. vyd., Ostrava: skripta VŠB TU-Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0709-2 118s.
- [3] BURKOVIČ, J. *Navrhování RTP*. 1. vyd., Ostrava: skripta VŠB TU-Ostrava, 2002. ISBN 80-248-0217-1. 114s.
- [4] SKAŘUPA, J. *Průmyslové roboty a manipulátory*. 1. vyd., Ostrava: skripta VŠB TU-Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1520-0. 260s.
- [5] *Roboty ABB* [online].
URL:<<http://www.abb.cz/product/cz/9AAC910011.aspx?country=CZ>>
[citováno 10.března 2010].
- [6] *Produkty Schunk* [online].
URL:< <http://www.schunk.com/schunk/index.html?country=CZE>>
[citováno 25. března 2010].
- [7] ZÁVODY TĚŽKÉHO STROJÍRENSTVÍ - DETVA . *Návod na obsluhu a údržbu OJ-10 P* , 1985., 25s.
- [8] SKAŘUPA, J. *Metodika konstruování*. 1. vyd., Ostrava: skripta VŠB TU-Ostrava, 1993. ISBN 80-7078-167-X. 158s.

9. Seznam příloh

Manuál k tvorbě pracoviště v RobotStudios

Zdrojový kód programu v jazyce Rapid

Výkres sestavy ustalovacího přípravku: 3-FS – DP2010 – S01

Výkres sestavy odkládacího stolu: 2-FS – DP2010 – S02

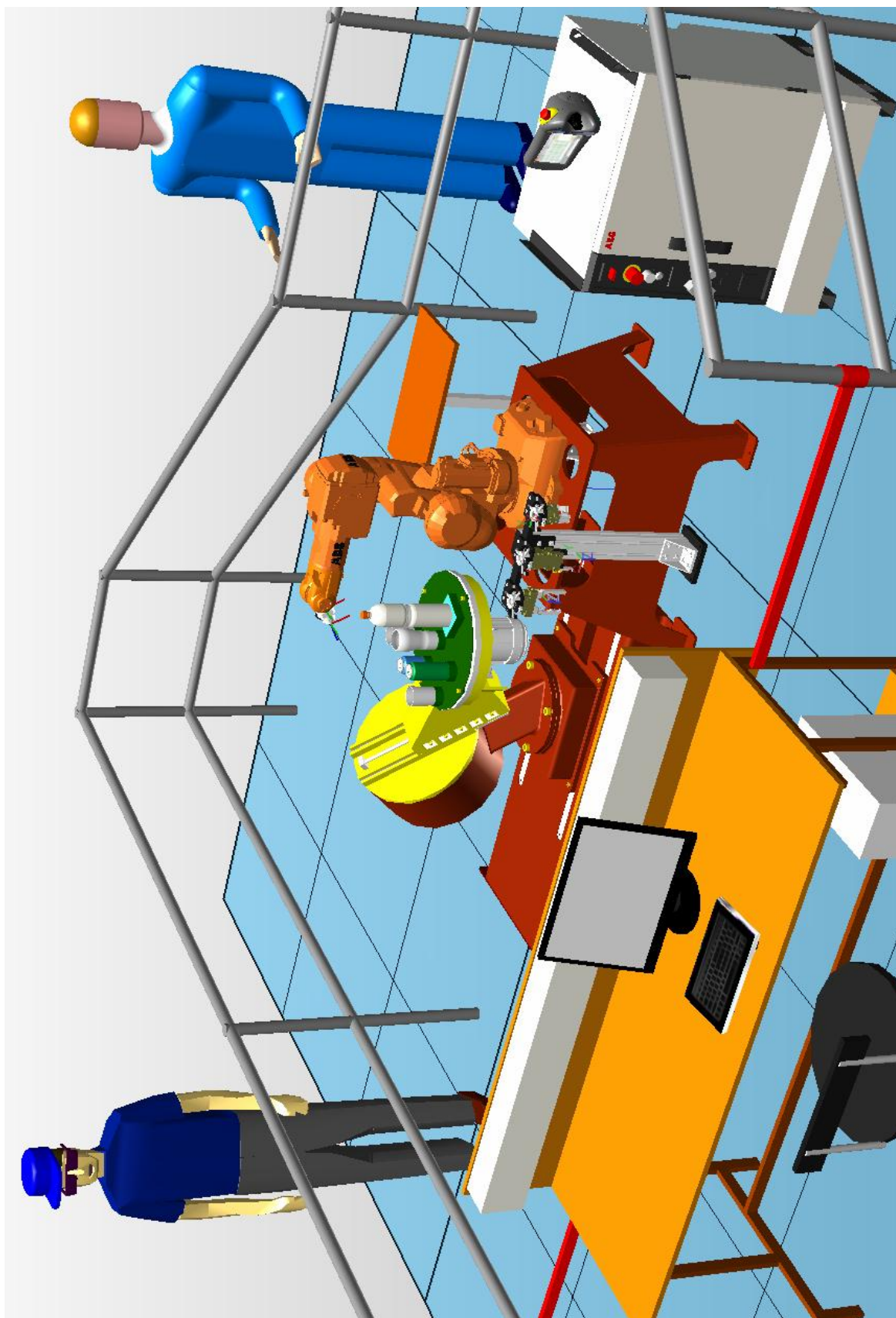
Dispoziční výkres pracoviště: 2-FS – DP2010 – S03

CD – ROM : Szczeponiec, J. Diplomová práce 2010

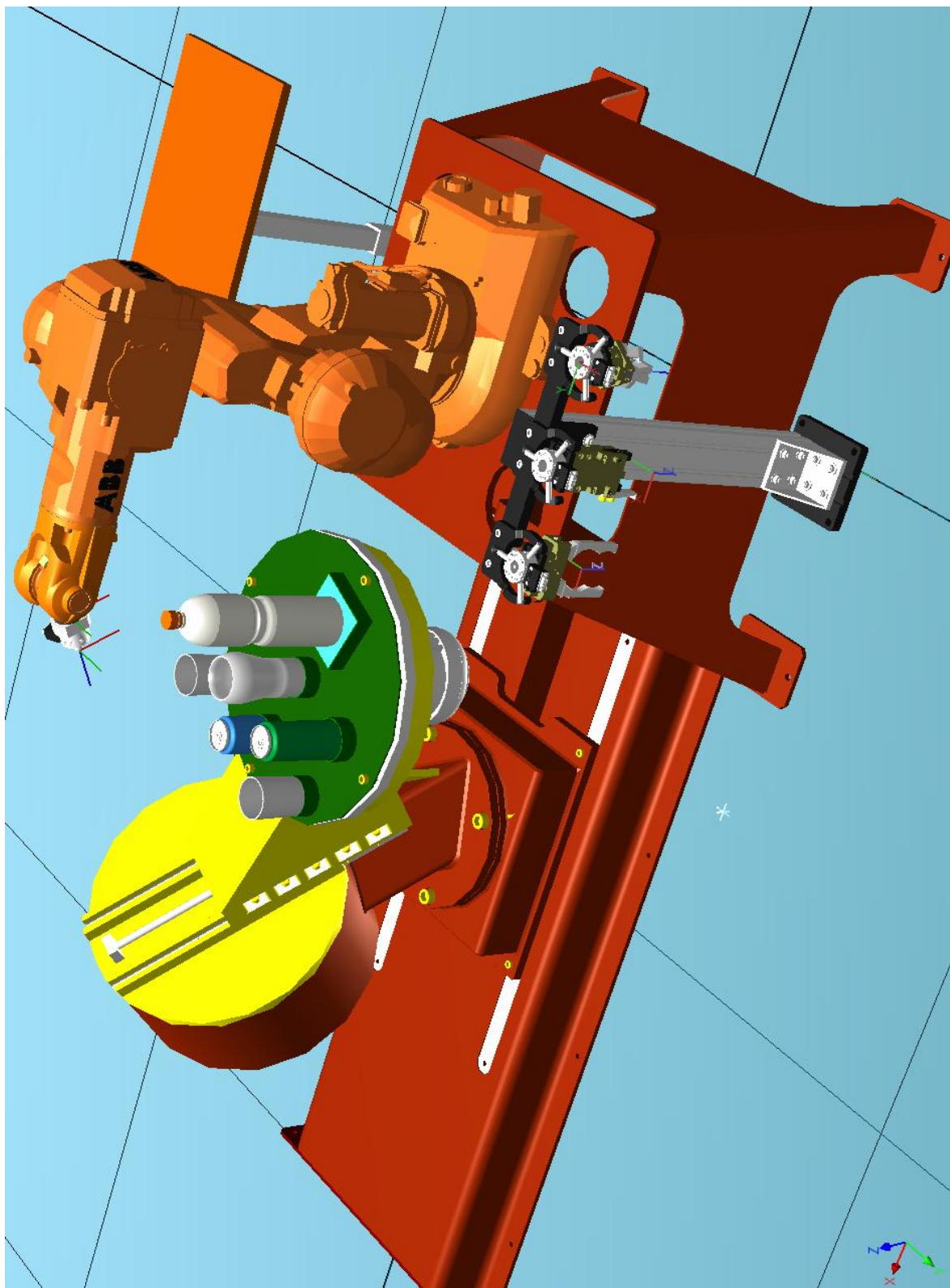
10. Model pracoviště v RobotStudios



obr. 48 výukové pracoviště v prostředí RobotStudia



obr.49 výukové pracoviště v prostředí RobotStudio



obr.50 výukové pracoviště v prostředí RobotStudio